

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS

**ESTIMACION DE LA  
CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS  
EN LA ECONOMIA PERUANA: PRODUCCION Y  
MEDIO AMBIENTE. PERIODO: 1970-2010**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS

**Wilmer Eduardo Litano Boza**

PIURA - PERÚ

Junio, 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
ESCUELA DE POSTGRADO



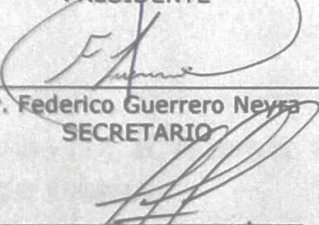
PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS

TESIS

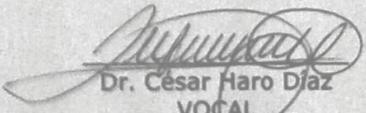
**ESTIMACION DE LA  
CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS  
EN LA ECONOMIA PERUANA: PRODUCCION Y  
MEDIO AMBIENTE. PERIODO: 1970-2010**


APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:

  
Dr. José Rodríguez Lichtenheldt  
PRESIDENTE

  
Dr. Federico Guerrero Neyra  
SECRETARIO

  
Dr. Benjamín García Panta  
VOCAL

  
Dr. César Haro Díaz  
VOCAL

  
Dr. César Atoche Pacherras  
VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS

TESIS

**ESTIMACION DE LA  
CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS  
EN LA ECONOMIA PERUANA: PRODUCCION Y  
MEDIO AMBIENTE. PERIODO: 1970-2010**

LOS SUSCRITOS DECLARAMOS QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES  
ORIGINAL, EN SU CONTENIDO Y FORMA

---

**ECON. EDUARDO LITANO BOZA**  
**AUTOR**

**Dr. Jorge Ricardo Gonzáles Castillo**  
**Asesor**

© Wilmer Eduardo Litano Boza 2012

Todos los derechos reservados





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

## Escuela de Posgrado

### ACTA DE SUSTENTACIÓN

#### DOCTORADO EN CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS

#### PRODOCIEF

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para la sustentación de la Tesis, para optar el Grado Académico de Doctor en **CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS**, presentada por:

**LITANO BOZA - WILMER EDUARDO**

Con el asesoramiento del Dr. JORGE - GONZALES CASTILLO, denominada:

**“ESTIMACION DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN LA ECONOMIA PERUANA: PRODUCCION Y MEDIO AMBIENTE. PERIODO: 1970-2010”**

Oídas las respuestas y absueltas las observaciones formuladas, se declara:

APROBADO				DESAPROBADO
<i>Excelente</i>	<i>Sobresaliente</i>	<i>Bueno</i>	<i>Aceptable</i>	
<u>X</u>	<u>      </u>	<u>      </u>	<u>      </u>	<u>      </u>

En consecuencia, previa aprobación del Art.º 83, del Reglamento General de la Escuela de Postgrado, queda en condiciones de ser calificado **APTO** para obtener el Grado Académico de Doctor en **CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS** de conformidad con lo estipulado en la ley.

Piura, Viernes 15 de Junio del 2012.

**DR. JOSÉ RODRIGUEZ LICHTENHELDT**  
PRESIDENTE

**DR. FEDERICO - GUERRERO NEYRA**  
SECRETARIO

**DR. BENJAMIN - GARCIA PANTA**  
VOCAL

**DR. CESAR - HARO DIAZ**  
VOCAL

**DR. CESAR - ATOCHE PACHERRES**  
VOCAL

A Fabiola,  
por su amor, entrega y sacrificio permanente

A Oscar, Claudia, Melissa y Mariana,  
por su comprensión del tiempo no compartido

A Wilmer y Ofelia,  
por su apoyo constante

A mis profesores y amigos del doctorado,  
por el esfuerzo conjunto

## **RESUMEN**

### **ESTIMACION DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN LA ECONOMIA PERUANA: PRODUCCION Y MEDIO AMBIENTE. PERIODO: 1970-2010**

**JUNIO, 2012**

**ECON. WILMER EDUARDO LITANO BOZA, M.SC.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

El presente trabajo relaciona la actividad económica peruana y el ambiente, durante el periodo 1970-2010, cuyo objetivo es contribuir a estimar la curva ambiental de Kuznets, CKA, midiendo la relación entre el nivel de producto bruto interno real per cápita, YR, las exportaciones industriales reales, XIR, y la intensidad energética, MAT, con el nivel de emisiones per cápita de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, como variable dependiente. Las variables son obtenidas de las estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú, Banco Mundial, Ministerio de Energía y Minas, MINEM, U.S. Bureau of Labor Statistic, y de la Comisión Económica para América Latina, CEPAL. Las estimaciones se agrupan en tres modelos econométricos en la condición de niveles, logaritmos y tasas de crecimiento, utilizando el software E-VIEWS 6.0, según el método de los mínimos cuadrados ordinarios. El modelo tres, concluye que la relación entre producción, crecimiento y medio ambiente, no define la forma de U invertida según la hipótesis de la CKA, puesto que hay otras variables explicativas sobre la contaminación atmosférica: la economía peruana no ha conseguido disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a pesar de haber aumentado YR. La relación entre producción y daño ambiental es de pendiente positiva y lineal: la disminución de CO<sub>2</sub>, en términos de su beneficio respecto a su sacrificio es muy bajo: son pocos los que puedan disfrutar de este beneficio, la implicancia es deducir cómo identificarlos.

El Estado debe promover la inserción hacia los mercados energéticos internacionales y adecuar el marco regulatorio de la inversión privada en energía vía el fortalecimiento de la institucionalidad, y tratamiento ante el cambio climático que limita el crecimiento, causa impactos negativos en la salud y daño en los ecosistemas. De la estimación del modelo 3 en logaritmos, cuyos resultados son estadísticamente significativos, el coeficiente MAT es menor que el coeficiente YR; es decir, que las medidas de política energética deben continuar hacia la sostenibilidad: que la economía peruana considere el crecimiento y el cuidado del medio ambiente en un plan estratégico energético de largo plazo que incorpore el análisis del cambio en la matriz energética, basada en fuentes renovables y sostenibles, en términos de la eficiencia, la productividad y competitividad. El desarrollo sostenible debe incorporar cambios vía una planificación regional y sectorial de la energía a través de las cadenas productivas eficientes que contribuya en la innovación tecnológica. La eficiencia energética intersectorial entre industria y transporte permita que la política ambiental posibilite la reducción de CO<sub>2</sub>. Además, el modelo evidencia que la política ambiental peruana considera más la atención dirigida hacia la producción del mercado interno que a los mercados externos: es relevante una estrategia en el sector exportador industrial contra las emisiones de gases efecto invernadero y cambio climático. Desde 1990, se han diversificado las exportaciones no tradicionales de productos agro industriales de exportación: la economía peruana crece con el nivel de exportaciones industriales que evidencia el cambio tecnológico que permita incrementar la productividad del país, sin descuido de la recuperación y conservación de la calidad ambiental.



## **RESUMO**

### **ESTIMATIVA DA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EM A ECÔNOMIA PERUANA: PRODUÇÃO E MEIO AMBIENTE. PERÍODO: 1970-2010**

**JUNHO DE 2012**

**ECON. WILMER EDUARDO LITANO BOZA, M.Sc.**

**UNIVERSIDADE NACIONAL DE PIURA**

Este trabalho relaciona a economia peruana e ao meio ambiente durante o período de 1970-2010, que objetivo é ajudar e a estimar a curva ambiental de Kuznets CKA, medindo a relação entre o nível do produto bruto interno real per capita, YR, as exportações industriais reais, XIR e intensidade de energia, MAT, com o nível de emissões per capita de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, como a variável dependente. As variáveis são obtidas a partir das estatísticas do Banco Central de Reserva do Peru, o Banco Mundial, Ministério das Minas e Energia, MINEM, EUA Bureau de Estatística do Trabalho e da Comissão Econômica para a América Latina, a CEPAL. As estimativas são agrupados em três modelos econométricos nos níveis de condição, logaritmos e taxas de crescimento, utilizando o E-VISTA 6,0 software, de acordo com o método dos mínimos quadrados. O modelo de três, conclui que a relação entre o crescimento da produção e meio ambiente, não define a forma de U invertido de acordo com a hipótese CKA, uma vez que existem outras variáveis explicativas sobre a poluição do ar: a economia peruana não conseguiu reduzir CO<sub>2</sub> temperatura emissões aumentou, apesar dá YR. A relação entre o dano ambiental de produção e é positivamente inclinada e linear: a redução de, CO<sub>2</sub> em termos de seu benefício em termos de sacrifício é muito baixa: são poucos os que podem usufruir deste benefício, a implicação é descobrir como identificar.

O Estado deve promover a integração dos mercados energéticos internacionais e adaptar o quadro regulamentar para o investimento privado em energia através de um reforço das instituições, e tratamento para as alterações climáticas que limita o crescimento, causando impactos adversos à saúde e danos aos ecossistemas. Na estimativa do modelo de 3 em logaritmos, os resultados são estatisticamente significativos, coeficiente MAT é menor que o coeficiente YR; Ou seja, as medidas de política energética deve continuar a sustentabilidade: a economia peruana considera o crescimento e cuidado do meio ambiente em um plano estratégico de energia que incorpora análise de longo prazo da mudança na matriz energética, com base em fontes renováveis e sustentáveis, em termos de eficiência, produtividade e competitividade. O desenvolvimento sustentável deve incorporar as mudanças por meio do planejamento regional e sectorial através da energia eficientes cadeias produtivas que contribuam para a inovação tecnológica. A indústria de eficiência energética e dos transportes entre a política ambiental permite que permite a redução de CO<sub>2</sub>. Além disso, o modelo mostra que a política ambiental peruana visto com mais atenção voltada para a produção do mercado interno para o mercado externo: a estratégia é relevante no sector da indústria de exportação contra as emissões de gases de efeito estufa e mudanças climáticas. Desde 1990, as exportações se diversificaram indústria de exportação não-tradicionais agro industrias de exportação: a economia peruana cresce com o nível de mudança industrial exportações evidência tecnológica, de modo a aumentar a produtividade do país, sem descuidar da recuperação e preservação da qualidade ambiental.

## **RESUME**

### **EVALUATION DE LA COURBE ENVIRONNEMENTALE DE KUZNETS DANS L'ECONOMIE PERUVIENNE: PRODUCTION ET ENVIRONNEMENT. PERIODE: 1970-2010**

**JUIN, 2012**

**ECON. WILMER EDUARDO LITANO BOZA, M.Sc.**

**UNIVERSITE NATIONALE DE PIURA**

Le travail suivant met en parallèle l'activité économique péruvienne et l'environnement, durant la période de 1970-2010, dont l'objectif est de contribuer à évaluer la courbe de l'environnement de Kuznets, CKA, mesurant la relation entre le niveau du produit brut interne réel par habitant, YR, les exportations industrielles réelles, XIR, et l'intensité énergétique, MAT, avec le niveau des émissions de dioxyde de carbone par habitant, CO<sub>2</sub>, comme variable dépendante. Les variables sont obtenues grâce aux statistiques de la Banque Centrale de Réserve du Pérou, de la Banque Mondiale, du Ministère de l'Energie et de la Mine, MINEM, U.S bureau of Labor Statistic, et de la Commission Economique pour l'Amérique Latine, CEPAL. Les estimations se regroupent en trois modèles économiques sur la condition de niveaux, de logarithmes et de taux de croissance, utilisant le logiciel E-VIEWS 6.0, selon la méthode des moindres carrés ordinaires. Le modèle trois, conclue que la relation entre la production, la croissance et l'environnement, ne définit pas la forme en U investie selon l'hypothèse de la CKA, puisqu'il y a des autres variables explicatives sur la contamination atmosphérique: l'économie péruvienne n'a pas réussi à diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> malgré les augmentations YR. La relation entre la production et les dommages sur l'environnement est sur une courbe positive et linéaire: la diminution de CO<sub>2</sub>, en termes de bénéfice par rapport à son sacrifice est très basse: il y a peu de personnes qui peuvent profiter de ce bénéfice, notre objectif est de les identifier.

L'Etat doit promouvoir l'insertion sur les marchés énergétiques internationaux et adapter le cadre régulateur de l'investissement privé en énergie par le renforcement de son aspect institutionnel, et le traitement face au changement climatique qui limite la croissance, cause des impacts négatifs sur la santé et abîme les écosystèmes. De l'évaluation du modèle 3 des logarithmes, dont les résultats sont statistiquement significatifs, le coefficient MAT est plus petit que le coefficient YR; c'est-à-dire, que les mesures de politique énergétique doivent continuer jusqu'au développement durable: que la économie péruvienne doit considérer la croissance et la protection de l'environnement dans un programme stratégique et énergétique à long terme qui comprenne l'analyse du changement de la source énergétique, basé sur des sources renouvelables et durables, en terme d'efficacité, de productivité et de compétitivité. Le développement durable doit incorporer les changements grâce à une planification régionale et sectorielle de l'énergie à travers des chaînes productives et efficaces qui contribue à l'innovation technologique. L'efficacité énergétique intersectorielle entre l'industrie et le transport permet que la politique environnementale rende possible la réduction de CO<sub>2</sub>. De plus, le modèle démontre que la politique environnementale péruvienne met plus l'accent sur la production du marché interne qu'aux marchés extérieurs: il est nécessaire de mettre en place une stratégie dans le secteur d'exportation industrielle contre les émissions de gazes à effet de serre et le changement climatique. Depuis 1990, les exportations non traditionnelles de produits agroindustriels se sont diversifiées: l'économie péruvienne croît selon le niveau des exportations industrielles montrant ainsi que c'est le changement technologique qui permet d'augmenter la productivité du pays, sans négliger la répercussion et la conservation de la qualité de l'environnement.

<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	<b>Páginas</b>
Resumen	vi
Índice de cuadros	xv
Índice de gráficos	xx
Introducción	1
<b>CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1 Antecedentes	4
1.2 Planteamiento del problema	6
1.3 Objetivos de la investigación	8
1.4 Hipótesis de investigación	9
1.5 Limitaciones y delimitaciones del proyecto	10
<b>CAPITULO 2: HECHOS ESTILIZADOS: PRODUCCION Y CONTAMINACION EN LA ECONOMIA PERUANA: 1970-2010</b>	
2.1 Evolución de las variables	12
2.1.1 Evolución de las emisiones de CO2 per cápita	12
2.1.2 Evolución del producto bruto interno real per cápita	13
2.1.3 Evolución de la intensidad energética	15
2.1.4 Evolución de las exportaciones industriales reales	17
2.2 Análisis de las estadísticas descriptivas	21
2.3 Aspectos de la economía nacional y el nivel de emisiones	26
2.4 Institucionalidad y política ambiental	30
2.5 Conclusiones	32
<b>CAPITULO 3: TEORIA Y MODELOS</b>	
3.1 Teoría clásica. Robert Malthus: población y crecimiento	36
3.2 La economía de la sustentabilidad	39
3.3 El enfoque de la economía ecológica	42
3.4 El enfoque neoclásico	43
3.4.1 Teoría económica de la contaminación ambiental	44
3.4.2 Tipos de contaminación	44
3.4.3 Teoría del nivel óptimo de la contaminación	45

3.4.4 Niveles de contaminación óptima	47
3.4.5 Instrumentos económicos de gestión ambiental	49
3.5 Teoría del crecimiento económico y medio ambiente	51
3.6 Economía de mercado y social de mercado	52
3.7 Teorías del desarrollo económico a nivel de país	52
3.7.1 El modelo neoliberal	53
3.7.2 Las nuevas teorías de desarrollo y crecimiento económico	53
3.7.2.1 Factores y producción: modelo crecimiento endógeno	54
A. Crecimiento y calidad ambiental: curva ambiental de Kuznets	55
3.8 Visión del desarrollo	58
3.9 América Latina y el Caribe: la curva ambiental de Kuznets	59
3.10 Impacto cambio climático en el crecimiento económico peruano	65
3.11 Conclusiones	69
 CAPITULO 4: EVIDENCIA EMPIRICA PARA LA ECONOMIA PERUANA	
4.1 Análisis de correlación	74
4.1.1 Modelo N° 1: $CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + e$	75
4.1.2 Modelo N° 2: $CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + \beta_3 XIR + e$	76
4.1.3 Modelo N° 3: $CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + \beta_3 XIR + \beta_4 MAT + e$	77
4.2 Análisis de causalidad	79
4.2.1 Causalidad: CO2 y renta, en términos per cápita	79
4.2.2 Causalidad: CO2 y renta real, per cápita, al cuadrado	81
4.2.3 Causalidad: CO2 - exportaciones industriales reales	83
4.2.4 Causalidad: CO2 - intensidad energética	84
4.3 Análisis de cointegración	86
4.3.1 Método de Engle y Granger	87
4.3.2 Método de Johansen	94
4.4 Análisis de regresión: estimación y evaluación	95
4.5 Conclusiones	103
 CAPITULO 5: IMPLICANCIAS DE POLITICAS PUBLICAS	
5.1 Implicancias relacionadas al crecimiento económico	109
5.2 Implicancias relacionadas a la intensidad energética	111
5.3 Implicancias relacionadas a las exportaciones industriales	114



Conclusiones	116
Recomendaciones	126
Anexo A: PERU: DATA ESTADISTICA – VARIABLES EN NIVELES	127
Anexo B: ECUACIONES DE TENDENCIA	128
Anexo C: RESULTADOS ECONOMETRICOS	130
Bibliografía	146

## INDICE DE CUADROS

## Páginas

### CAPITULO 2: HECHOS ESTILIZADOS: PRODUCCION Y CONTAMINACION EN LA ECONOMIA PERUANA: 1970-2010

#### CUADRO N° 2.1.1

Perú: tasa de crecimiento promedio del dióxido de carbono per cápita

12

#### CUADRO N° 2.1.2

Perú: tasa de crecimiento promedio del PBI real per cápita

14

#### CUADRO N° 2.1.3

Perú: tasa de crecimiento promedio de la intensidad energética

16

#### CUADRO N° 2.1.4

Perú: tasa de crecimiento promedio de las exportaciones industriales reales

18

#### CUADRO N° 2.1.5

Perú: variables en tasas de crecimiento promedio.  
Periodo: 1970-2010

20

#### CUADRO N° 2.2.1

Perú: estadística descriptiva de las variables.  
Periodo: 1970-2010

22

#### CUADRO N° 2.2.2

Perú: estadísticas descriptivas del CO2 per cápita por periodos

23

#### CUADRO N° 2.2.3

Perú: estadísticas descriptivas del PBI real per cápita por periodos

23

#### CUADRO N° 2.2.4

Perú: estadísticas descriptivas del nivel de materialización por periodos

24

#### CUADRO N° 2.2.5

Perú: estadísticas descriptivas de las exportaciones industriales reales

26

#### CUADRO N° 2.3.1

Perú: estadísticas descriptivas de la tasa de crecimiento del PBI real per cápita por periodos

27

#### CUADRO N° 2.3.2

Perú: estadísticas descriptivas de la tasa de crecimiento del CO2 per cápita por periodos

28

#### CUADRO N° 2.3.3

Perú: estructura del PBI sectorial décadas: 1970-2010

30

### CAPITULO 3: TEORIA Y MODELOS

#### CUADRO N° 3.1

Resumen del marco teórico según autores especificación y resultados del modelo	68
--	----

### CAPITULO 4: EVIDENCIA EMPIRICA PARA LA ECONOMIA PERUANA

#### CUADRO N° 4.1.1.1

Matriz de correlación de las variables en niveles	75
---	----

#### CUADRO N° 4.1.1.2

Matriz de correlación de las variables en logaritmos	75
--	----

#### CUADRO N° 4.1.1.3

Matriz de correlación de las variables en tasas de crecimiento	76
--	----

#### CUADRO N° 4.1.2.1

Matriz de correlación de las variables en niveles	76
---	----

#### CUADRO N° 4.1.2.2

Matriz de correlación de las variables en logaritmos	77
--	----

#### CUADRO N° 4.1.2.3

Matriz de correlación de las variables en tasas de crecimiento	77
--	----

#### CUADRO N° 4.1.3.1

Matriz de correlación de las variables en niveles	78
---	----

#### CUADRO N° 4.1.3.2

Matriz de correlación de las variables en logaritmos	78
--	----

#### CUADRO N° 4.1.3.3

Matriz de correlación de las variables en tasas de crecimiento	78
--	----

#### CUADRO N°4.2.1.1

Test de causalidad de Granger para las variables CO2-YR	79
---	----

#### CUADRO N°4.2.1.2

Test de causalidad de Granger variables CO2-YR en logaritmos	80
--	----

#### CUADRO N°4.2.1.3

Test de causalidad de Granger variables CO2- YR en tasas de crecimiento	80
---	----

#### CUADRO N°4.2.2.1

Test de causalidad de Granger variables CO2-YR al cuadrado	81
--	----

#### CUADRO N°4.2.2.2

Test de causalidad de Granger variables CO2-YR al cuadrado en logaritmos	82
--	----

CUADRO N°4.2.2.3	
Test de causalidad de Granger variables CO2-YR al cuadrado en tasas de crecimiento	82
CUADRO N°4.2.3.1	
Test de causalidad de Granger CO2 y exportaciones industriales reales	83
CUADRO N°4.2.3.2	
Test de causalidad de Granger variables CO2 PC y exportaciones industriales reales en logaritmos	83
CUADRO N°4.2.3.3	
Test de causalidad de Granger variables CO2 y exportaciones industriales reales en tasas de crecimiento	84
CUADRO N°4.2.4.1	
Test de causalidad de Granger variables CO2 e intensidad energética	85
CUADRO N°4.2.4.2	
Test de causalidad de Granger variables CO2 e intensidad energética en logaritmos	85
CUADRO N°4.2.4.3	
Test de causalidad de Granger variables CO2 e intensidad energética en tasas de crecimiento	86
CUADRO N° 4.3.1.1	
Evaluación de tendencia e intercepto: variables del modelo	88
CUADRO N° 4.3.1.2	
Evaluación de presencia de raíz unitaria variables del modelo	89
CUADRO N° 4.3.1.3	
Orden de integración de las variables de los modelos	90
CUADRO N° 4.3.1.4	
Orden de integración de los residuos generados	94
CUADRO 4.3.2.1	
Opciones de tendencia para la cointegración por el método de Johansen	94
CUADRO 4.3.2.2	
Relaciones de cointegración según opciones de tendencia	95
CUADRO N° 4.4.1	
Resumen de las estimaciones de los modelos	96
CUADRO N° 4.4.2	
Test de normalidad de los errores	100

CUADRO N°4.4.3 Resumen econométrico: presencia de autocorrelación y heterocedasticidad en los modelos	101
ANEXO A: Perú: data estadística-variables en niveles	127
ANEXO B: Ecuaciones de tendencia	128
CUADRO B.1 Perú: dióxido de carbono per cápita. Periodo: 1970-2010	128
CUADRO B.2 Perú: producto bruto interno real per cápita. Periodo: 1970-2010	128
CUADRO B.3 Perú: exportaciones industriales reales. Periodo: 1970-2010	129
CUADRO B.4 Perú: nivel de materialización: intensidad energética. Periodo: 1970-2010	129
ANEXO C: Resultados econométricos	130
CUADRO C.1 Estacionariedad CO2	130
CUADRO C.2 Estacionariedad CO2 en primera diferencia	130
CUADRO C.3 Estacionariedad logaritmo de CO2	131
CUADRO C.4 Estacionariedad logaritmo de CO2 en primera diferencia	131
CUADRO C.5 Estacionariedad de CO2 en tasas de crecimiento	131
CUADRO C.6 Estacionariedad de YR	132
CUADRO C.7 Estacionariedad YR en primera diferencia	132
CUADRO C.8 Estacionariedad logaritmo YR	132

CUADRO C.9	
Estacionariedad logaritmo de YR en primera diferencia	133
CUADRO C.10	
Estacionariedad de YR en tasas de crecimiento	133
CUADRO C.11	
Estacionariedad de YR al cuadrado	133
CUADRO C.12	
Estacionariedad YR al cuadrado en primera diferencia	134
CUADRO C.13	
Estacionariedad logaritmo de YR al cuadrado	134
CUADRO C.14	
Estacionariedad logaritmo de YR al cuadrado en primera diferencia	134
CUADRO C.15	
Estacionariedad de YR al cuadrado en tasas de crecimiento	135
CUADRO C.16	
Estacionariedad de las exportaciones industriales reales	135
CUADRO C.17	
Estacionariedad de las XIR en primera diferencia	135
CUADRO C.18	
Estacionariedad logaritmo de las XIR	136
CUADRO C.19	
Estacionariedad logaritmo de las XIR en primera diferencia	136
CUADRO C.20	
Estacionariedad de las XIR en tasas de crecimiento	136
CUADRO C.21	
Estacionariedad de la intensidad energética	137
CUADRO C.22	
Estacionariedad de la intensidad energética en primera diferencia	137
CUADRO C.23	
Estacionariedad logaritmo de la intensidad energética	137
CUADRO C.24	
Estacionariedad logaritmo de la intensidad energética en primera diferencia	138
CUADRO C.25	
Estacionariedad de la intensidad energética en tasas de crecimiento	138



CUADRO C.26	
Modelo 1 - niveles	139
CUADRO C.27	
Modelo 2 - niveles	139
CUADRO C.28	
Modelo 3 - niveles	140
CUADRO C.29	
Modelo 1 - logaritmos	140
CUADRO C.30	
Modelo 2 - logaritmos	141
CUADRO C.31	
Modelo 3 - logaritmos	141
CUADRO C.32	
Modelo 1 - tasas de crecimiento	142
CUADRO C.33	
Modelo 2 - tasas de crecimiento	142
CUADRO C.34	
Modelo 3 - tasas de crecimiento	143
CUADRO C.35	
Modelo 1 - niveles corregido de autocorrelación	143
CUADRO C.36	
Modelo 1 - logaritmos corregido de autocorrelación	144
CUADRO C.37	
Modelo 2 - niveles corregido de autocorrelación	144
CUADRO C.38	
Modelo 2 - logaritmos corregido de autocorrelación	145
CUADRO C.39	
Modelo 3 - logaritmos corregido de autocorrelación	145

## INDICE DE GRAFICOS

## Páginas

### CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

#### GRÁFICO N° 1.1

La curva de Kuznets ambiental

5

### CAPITULO 2: HECHOS ESTILIZADOS: PRODUCCION Y CONTAMINACION EN LA ECONOMIA PERUANA: 1970-2010

#### GRÁFICO N° 2.1.1

Perú: evolución y componentes tendencial y cíclico de las emisiones dióxido de carbono per cápita. Periodo: 1970-2010

13

#### GRÁFICO N° 2.1.2

Perú: evolución y componentes tendencial y cíclico del PBI real per cápita 1970-2010

14

#### GRÁFICO N° 2.1.3

Perú: Evolución y componentes tendencial y cíclico de la intensidad energética. Periodo: 1970-2010

17

#### GRÁFICO N° 2.1.4

Perú: Evolución y componentes tendencial y cíclico de las exportaciones industriales reales. Periodo: 1970-2010

19

#### GRAFICO N° 2.3.1

Perú: Niveles y tasa de crecimiento del PBI real. Periodo: 1970-2010

27

#### GRAFICO N° 2.3.2

Perú: Niveles y tasa de crecimiento del CO2. Periodo: 1970-2010

28

### CAPITULO 3: TEORIA Y MODELOS

#### GRAFICO N° 3.4.3.1

Nivel optimo de externalidad

46

#### GRAFICO N° 3.4.4.1

Descarga de emisiones socialmente optima

48

#### GRAFICO N° 3.9.1

Modelo de emisiones de CO2. Cálculo del punto de inflexión -turning point

63

## INTRODUCCION

En la actualidad, hay una gran preocupación sobre los temas ambientales, el cambio climático, el crecimiento y desarrollo sostenible. El cambio climático tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos, la seguridad alimentaria, la actividad económica, los recursos naturales y la infraestructura. El cambio climático expresa una elevada concentración de gases de efecto invernadero, GEI, entre ellos el dióxido de carbono.

Con el Protocolo de Kyoto, para Perú representa la posibilidad de recibir financiamiento a cambio de la recaptura de CO<sub>2</sub> o de la reducción de emisiones vía sustitución del uso de combustibles por sistemas de energía limpia, como el biogás, la energía hidráulica, la eólica, así como también a cambio de la reforestación y del manejo de residuos sólidos.

La energía es primordial en las economías modernas. Sin embargo, se le asocia con efectos negativos para el medio ambiente, como un problema global, verbi gratia, mediante la emisión de los gases de efecto invernadero, GEI, generados por el consumo de energía. Hacer un uso eficiente de la energía previene o disminuye futuros impactos ambientales, y permiten la reducción de la dependencia en la utilización de energías tradicionales.

La ciencia económica, según la teoría de las externalidades y de los bienes públicos, relacionadas en la teoría de la contaminación, y éstas en base a las teorías del desarrollo, enuncian la participación del sector público. Es decir, que el gobierno centra su política ambiental en aminorar las causas de las externalidades ambientales provocadas por la actividad industrial, el

transporte y el uso de la energía. Por tanto, la acción del Estado es primordial en disminuir la generación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

Como respuesta a estos procesos la estimación relaciona económicamente la descarga de dióxido de carbono y el nivel de renta real, en términos per cápita, por lo que las variables son, preferentemente, de naturaleza macroeconómica como mecanismo en la generación de conocimiento de la problemática de la economía y el medio ambiente.

Las observaciones se definen en el contexto de la economía peruana durante el periodo 1970-2010, cuyos datos anuales seriales son obtenidas de fuentes estadísticas representativas del país, como el Banco Central de Reserva del Perú, Banco Mundial, Ministerio de Energía y Minas, MINEM, U.S. Bureau of Labor Statistic, y de la Comisión Económica para América Latina, CEPAL.

Los datos del periodo corresponden a una serie de 41 observaciones anuales, para cada variable. Se espera que los cambios en las variables como el producto bruto Interno real per cápita, las exportaciones industriales reales y la intensidad energética impacten sobre el dióxido de carbono per cápita. Es decir, conlleva a interrogarse ¿cuáles son los determinantes que explican el nivel de emisión de dióxido de carbono en la economía peruana durante el periodo 1970-2010, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets?

El estudio, limita su accionar en las emisiones de un contaminante, el dióxido de carbono, dada la alta incidencia de otras descargas de efluentes en el medio ambiente. Además, no analiza el impacto sobre los recursos ambientales ni de los cambios en el progreso tecnológico, deforestación o pérdida de biodiversidad. Tampoco, analiza la relación de la cantidad de

emisiones y los efectos en la salud humana. Por tanto, delimitará la acción de la política ambiental, en la problemática del aire y del cambio climático.

El presente trabajo de investigación consta de cinco capítulos. El capítulo 1, comprende los antecedentes generales del proyecto, el efecto composición, el efecto desplazamiento y del cambio tecnológico como fundamentos de la hipótesis de la curva de Kuznets.

El capítulo 2, trata de los hechos estilizados, la evolución y componentes tendencial y cíclico de las variables en estudio; así como las estadísticas descriptivas y sus tasas de crecimiento por periodo según variable. Además, detalla la institucionalidad y la política ambiental en el Perú.

El capítulo 3, sustenta las teorías y modelos desde la economía clásica, la economía de la sustentabilidad, el enfoque de la economía ecológica, el enfoque neoclásico, la teoría del crecimiento económico y medio ambiente, el aporte de la economía social de mercado, las teorías de desarrollo, y los modelos sobre crecimiento y calidad ambiental, a nivel mundial, de la región latinoamericana, de Colombia y de Perú.

El capítulo 4, presenta la evidencia empírica para la economía peruana a través de la definición de la variable dependiente y las explicativas, según la modelación econométrica en la condición de niveles, logaritmos y tasas de crecimiento, para luego analizar la regresión, la evaluación y su comparación empírica con otros estudios.

En el capítulo 5. Se formulan las implicancias de políticas públicas y sus implicancias relacionadas con el crecimiento económico, a la intensidad energética, y a las exportaciones industriales.

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES GENERALES

### 1.1 Antecedentes

La hipótesis de la curva ambiental de Kuznets en los países con bajos niveles de desarrollo postula que la relación entre nivel de actividad y degradación ambiental es limitada debido a que la producción se obtiene básicamente de actividades agrícolas tradicionales. Cuando se alcanzan niveles altos de desarrollo, cambia la estructura productiva hacia actividades de servicios, la población y sus instituciones incrementan su valoración en proteger, estabilizar y mejorar la calidad del medio ambiente.

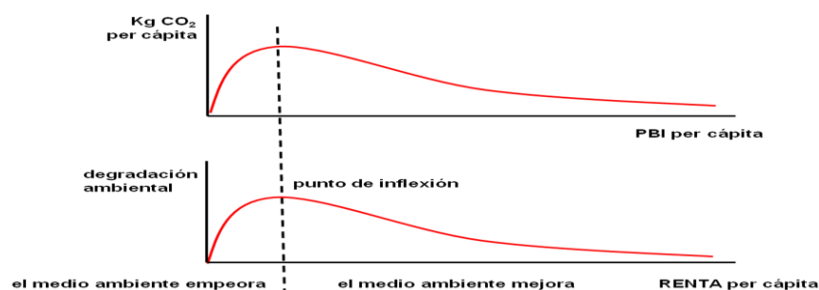
La hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, se puede apreciar en el Gráfico N° 1.1, presenta una curva aplicada a la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el nivel de renta, ambas en términos *per cápita*.

Esta relación entre producción medio ambiente y crecimiento ha sido tratada por los economistas clásicos, por Robert Malthus (1766-1834), citado por Gómez (2000:2-3); Grossman y Krueger (1995), citado por Correa (2005:16-7); Selden y Song (1994), citado por Saravia (s.f.:3-4) y Correa (2005:15-6); Martínez y Roca (2000:103-5), Aguilar (2002), citados por Rappo y Vásquez (2006:105); Pearce (1995), citado por Litano (2003:8,12), Kolstad (2001), citado por Litano(2003:26-8), Del Valle (2007), Bustillo-García (2008), y Pulido San Román (2009).



Los autores en mención se enmarcan en diferentes propuestas teóricas que según el pensamiento económico, se enuncian en: i) la teoría clásica de Robert Malthus: población y crecimiento de largo plazo; ii) la economía de la sustentabilidad; iii) el enfoque de la economía ecológica; iv) la teoría neoclásica de la contaminación ambiental, y la teoría del nivel óptimo de la contaminación; v) la teoría de las fallas de mercado: externalidades y recursos comunes; vi) la teoría del crecimiento económico y medio ambiente; vii) las teorías del desarrollo económico a nivel de país, según el modelo neoliberal y las nuevas teorías de desarrollo y crecimiento económico basado en las instituciones y organización.

**GRÁFICO Nº 1.1**  
**LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL**  
**(kgCO<sub>2</sub> per cápita - PBI per cápita)**



Fuente:

Saravia López, A. (s.f) Alfranca B., Oscar (2007)

Los modelos según la evidencia empírica Internacional han sido tratados en países desarrollados y países en desarrollo; en América Latina y el Caribe, en términos de los efectos de equidad e institucionalidad según la Curva Ambiental de Kuznets.

En este contexto, según el marco teórico referencial deduce que la problemática del deterioro ambiental se sustenta en el desarrollo sostenible; la

disminución de las emisiones de contaminantes, como el dióxido de carbono. Para un país como el nuestro tiene que analizarse en términos del nivel de la actividad económica, y de su relación con el uso de la energía.

Como respuesta a estos procesos, la presente tesis doctoral estimará y analizará la relación entre la descarga de dióxido de carbono, producción, y crecimiento de la economía peruana, con observaciones anuales, durante el periodo 1970-2010, mediante el análisis de la curva ambiental de Kuznets<sup>1</sup>.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En la actualidad, hay una gran preocupación sobre los temas del medio ambiente, el cambio climático, la producción, el crecimiento y desarrollo sostenible.

Según el INEI<sup>2</sup>, (2009: 430-1), el cambio climático es una de las amenazas para el medio ambiente global; se prevé, tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos, la seguridad alimentaria, la actividad económica, el agua, otros recursos naturales y en la infraestructura física. El cambio climático es el resultado de una elevada concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que están reteniendo el calor y subiendo gradualmente la temperatura del planeta.

Por gases de efecto invernadero se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infraroja. El efecto del aumento de temperatura por los GEI que lo retienen se conoce como calentamiento global. Los GEI considerados

---

<sup>1</sup> Ver tratamiento de las variables en: CAPITULO 4: Evidencia empírica para la economía peruana, del presente proyecto de investigación

<sup>2</sup> INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

por el Protocolo de Kyoto son: el dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>; metano, CH<sub>4</sub>; óxido nitroso, NO<sub>2</sub>; hidrofluorocarbonados, HFC; perfluorocarbonados, PFC; y, hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>.

Con el Protocolo de Kyoto, citado por Brack (2008:12), del que nuestro país es parte, es posible recibir innovaciones y tecnología a cambio de la recaptura de CO<sub>2</sub>, además de poder sustituir el uso de combustibles por sistemas de energía limpia. El uso eficiente de la energía es imprescindible para disminuir o prevenir futuros impactos ambientales.

La energía es primordial en las economías modernas, útil en las esferas del consumo y de la producción. Sin embargo, se le asocia con efectos negativos para el medio ambiente, en términos del cambio climático, como un problema global, verbi gratia, mediante la emisión de los GEI, generados por el consumo de energía<sup>3</sup> (EEA, 2002).

La teoría económica, según la teoría de las externalidades y de los bienes públicos, relacionadas en la teoría de la contaminación y éstas en base a las teorías del desarrollo, enuncian la participación del estado a través de la política ambiental para disminuir la generación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

La deforestación y el uso de la tierra aportan el 48,8% de los gases de efecto invernadero en América Latina respecto a las emisiones de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, (las mundiales alcanzan 8,8%); lo que demuestra la importancia relativa de las emisiones de nuestra región comparada con el mundo. Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del uso de energía en la región alcanzan al

---

<sup>3</sup> EEA: de las iniciales en inglés de la expresión: European Environment Agency; en español expresa la frase: Agencia Europea de Medio ambiente.

47,1 % (a nivel mundial es del 87,3%). La región es responsable del 4.3% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono<sup>4</sup>.

**Altomonte et al. (2000)**, citado por Saravia (s.f: 11), afirma que la región, últimamente, ha presentado una participación mayor que ascendió de 2.6% en 1973 a alrededor del 4% en 1999; es decir que América Latina tiene un nivel de emisiones de dióxido de carbono per cápita de alrededor de 2,4 toneladas/año.

Por tanto, la sociedad, mundial y nacional, afronta problemas ambientales, como la contaminación atmosférica, expresada en los niveles de dióxido de carbono, a nivel de país; afectado por la falta de control de emisiones de las empresas contaminantes; y del rol de sus instituciones, que impactan negativamente sobre la salud de la población.

Es decir, conlleva a interrogarse ¿cuáles son los determinantes que explican el nivel de emisión de dióxido de carbono en la economía peruana durante el periodo 1970-2010, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets?

### **1.3 Objetivos de investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Estimar el impacto del nivel de actividad económica, la población, las exportaciones industriales y la intensidad energética, en el nivel de emisiones de dióxido de carbono durante el periodo 1970-2010, mediante el análisis de la curva ambiental de Kuznets.

---

<sup>4</sup> Saravia (s.f: 11)

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Sistematizar el marco teórico referencial de la curva ambiental de Kuznets para el presente trabajo de investigación.
2. Reportar los hechos estilizados sobre economía y medio ambiente según los niveles de dióxido de carbono, producto bruto interno, exportaciones industriales y energía, según el problema planteado.
3. Elaborar un modelo econométrico que explique la relación de la calidad ambiental a través de la incidencia del dióxido de carbono y el nivel de la actividad económica, social y ambiental.
4. Generar conocimiento respecto a la problemática del medio ambiente, el cambio climático, crecimiento y desarrollo de la economía peruana.
5. Elaborar una propuesta de lineamientos de política pública en términos del desarrollo sostenible y del cambio climático.

### **1.4 Hipótesis de investigación**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

El desarrollo de la actividad económica, de la población, de las condiciones institucionales permite explicar el deterioro ambiental, en términos del nivel de dióxido de carbono para la economía peruana durante el periodo 1970-2010.

#### **1.4.2 Hipótesis específicas**

1. El nivel de producción de la economía peruana es un determinante predominante e impacta directamente en el deterioro de la calidad ambiental.

2. La relación entre el producto bruto interno real per cápita al cuadrado y el deterioro del medio ambiente es negativa, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.
3. A mayor desempeño de las exportaciones industriales mayor será la degradación ambiental en términos de la cantidad de dióxido de carbono.
4. La variable intensidad energética interfiere positivamente en la evolución de los niveles de deterioro ambiental, cuanto mayor sea su valor mayor será el nivel de emisiones.

### **1.5 Limitaciones y delimitaciones del proyecto**

El estudio, limita su accionar en las emisiones de un contaminante, el dióxido de carbono, dada la alta incidencia de otras descargas de efluentes en el medio ambiente. Además, no analiza el impacto sobre los recursos ambientales ni de los cambios en el progreso tecnológico, deforestación o pérdida de biodiversidad. Tampoco, analiza la relación de la cantidad de emisiones y los efectos en la salud humana. Por tanto, delimitará la acción de la política ambiental, en la problemática del aire y del cambio climático.

La estimación relaciona econométricamente el nivel del contaminante CO<sub>2</sub> y el nivel de la actividad económica de la economía peruana, por lo que las variables son, preferentemente, de naturaleza macroeconómica.



## **CAPITULO 2**

### **HECHOS ESTILIZADOS: PRODUCCION Y CONTAMINACION EN LA ECONOMIA PERUANA: 1970-2010**

El periodo de estudio comprende la época republicana, del Perú contemporáneo. En la primera década, bajo los gobiernos militares del General Juan Velasco Alvarado y, de Remigio Morales Bermúdez. En la década de los años 1980, de violencia política, durante los gobiernos civiles del Arq. Fernando Belaúnde Terry y del Dr. Alan García Pérez.

Para la década de 1990, con Alberto Fujimori Fujimori. Y, para la última década, de los años 2000, con los gobiernos democráticos de Alejandro Toledo Manrique y Alan García Pérez, incluyendo el gobierno transitorio de Valentín Paniagua.

El estudio relaciona las variaciones en el comportamiento entre producción y emisiones de dióxido de carbono, en las últimas cuatro décadas, cuya medición se analizarán en niveles y en tasas de crecimiento para observar su comportamiento.

La tasa de crecimiento promedio del PBI real en el periodo de estudio, 1970-2010, ascendió a 0,28% y la tasa de crecimiento promedio a niveles del dióxido de carbono fue negativa en 0,20%. Es pertinente conocer la tasa de crecimiento discreta promedio entre décadas y analizar la evolución en las variables de estudio a través del tiempo; así también, la tendencia y la observación de los ciclos.

## 2.1 Evolución de las variables

### 2.1.1 Evolución de las emisiones de dióxido de carbono per cápita (CO2)

El dióxido de carbono contribuye al daño ambiental y en el cambio climático, es el principal gas entre los considerados GEI (Gases de Efecto Invernadero). La evolución de la descarga de emisiones puede explicarse por el dinamismo de la demanda interna y externa, dado el incremento del nivel de la actividad económica y de los niveles de producción.

Esta variable ha tenido una tasa de crecimiento positiva en términos per cápita de aproximadamente 0,95% a lo largo de todo el periodo de análisis. A continuación se presenta las tasas de crecimiento promedio durante los sub periodos considerados, y luego evolución de las emisiones de dióxido de carbono, en miles de toneladas métricas por habitante en la economía peruana durante el periodo de análisis.

**CUADRO N° 2.1.1**  
**PERU: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO DEL DIOXIDO DE CARBONO PER CAPITA**  
**(En porcentajes)**

	1971 – 1980	1981 – 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	1971 - 2010
<b>CO2</b>	0,41	-3,11	1,99	4,51	0,95

Fuente:

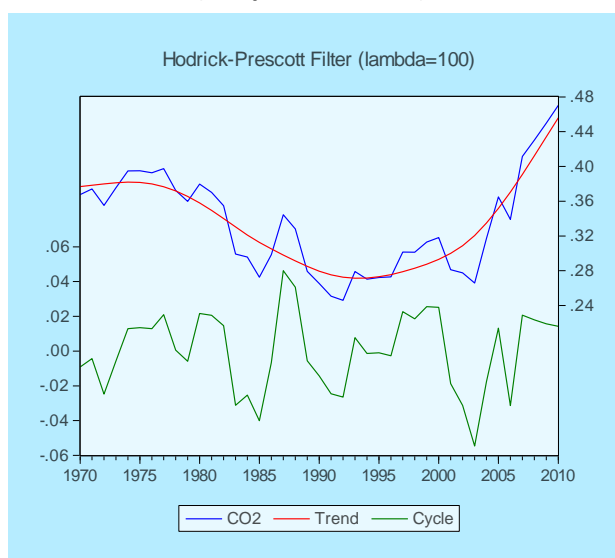
CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010

Elaboración propia

Se observa que en el período de análisis esta variable presenta tasa de crecimiento positivo. De la data estadística, en la década de 1981-1990, se observa la tasa de crecimiento más negativa, en 1983: -15,63% y en 1989: -14,85%. Las tasas de crecimiento más altas y positivas se presentan en el año 2007: 21,38%, en el 2004: 19,31%.

Lo que se presenta a continuación son los gráficos de la evolución de la variable y la descomposición en su ciclo y tendencia. En ellas se observa que, en el año 1992: 0,24602 representa el punto más bajo de emisiones per cápita; mientras que, en la década de los años 2000, la variación porcentual interanual más alta es en el año 2007: 21,38%.

**GRÁFICO N° 2.1.1**  
**PERU: EVOLUCIÓN Y COMPONENTES TENDENCIAL Y CÍCLICO**  
**DE LAS EMISIONES DIOXIDO DE CARBONO PER CÁPITA. PERIODO: 1970-2010**  
**(TM por habitante)**



Fuente:  
 CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010  
 Elaboración propia

### 2.1.2 Evolución del producto bruto interno real per cápita (YR)

Si bien es cierto durante el periodo total de análisis, la variable PBI, en niveles, presenta un crecimiento promedio de 3,05%. Esta variable medida en términos per cápita su crecimiento es del 1,16%, para el periodo de análisis. A continuación se muestra en el Cuadro N° 2.1.2, el crecimiento promedio de YR inter periodos expresados en décadas.

**CUADRO N° 2.1.2**  
**PERU: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO DEL PBI REAL PER CAPITA**  
**(Porcentaje)**

	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	1971 - 2010
<b>YR</b>	0,87	-2,73	2,16	4,33	1,16

Fuente:

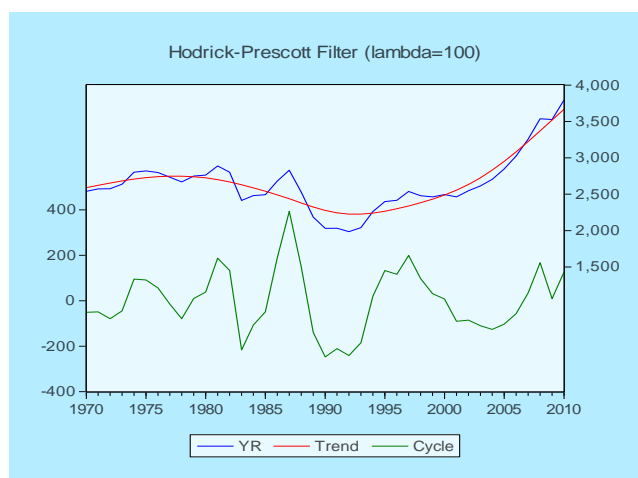
World Bank, World Development Indicators, 2011

Elaboración propia

Del cuadro anterior se observa que entre los años 1971-1980, la tasa de crecimiento es muy baja, de 0,87%; mientras que, entre 1981-1990, la tasa de crecimiento del PBI per cápita fue negativa en 2,73%, debido al contexto económico de la década bajo un modelo de desarrollo de carácter popular.

Las reformas estructurales, en la década de 1991-2010, cuya aplicación se inició tras la asunción a la presidencia del Ingeniero Alberto Fujimori Fujimori, permitió a la economía peruana un nuevo rumbo, así tales reformas buscaban corregir las bases para el crecimiento económico.

**GRÁFICO N° 2.1.2**  
**PERU: EVOLUCIÓN Y COMPONENTES TENDENCIAL Y CÍCLICO**  
**DEL PBI REAL PER CAPITA 1970-2010 (dólares del 2005)**



Fuente:

World Bank, World Development Indicators, 2011

Elaboración propia

En el Gráfico N° 2.1.2, se puede observar la tendencia positiva de YR, así como el componente cíclico, verificándose así, que a partir del año 1993, la tendencia de la variable, muestra en promedio, un comportamiento de crecimiento positivo, así como también el mínimo valor de la serie, en niveles, se presenta en el año 1992: 1 985,77, en un contexto de golpe de estado, mientras que el máximo valor lo determina el año 2010: 3 795,29 en un contexto de crecimiento económico, pese a la crisis financiera mundial. Para la década 2001-2010, YR tiende a crecer a una tasa discreta de 5,6%, mayor que el promedio del periodo de estudio; en el periodo 2004-2010 la tasa de crecimiento de la economía peruana ascendió a 6,72%

Según Gonzáles (2006:10), en el periodo 1970-1990, la sobre explotación de los recursos hidrobiológicos, las políticas de estabilización, el fenómeno del Niño, y políticas fiscales y monetarias expansivas evidencian a este periodo como contractivo respecto al PBI per cápita.

En el periodo 1991-1992, la caída del nivel del PBI per cápita se explica como consecuencia de la implementación de las políticas de liberalización. Luego, la renta per cápita se expande hasta el año 1996-1997, a partir del cual la tendencia se revierte por efectos de la crisis asiática y por el fenómeno del Niño del año 1998. A partir del año 2001, el PBI per cápita sigue continuamente una tendencia creciente hasta el año 2010

### **2.1.3 Evolución de la intensidad energética (MAT)**

El consumo de energía se ha caracterizado por el uso energía no renovable; luego, según la política ambiental, se inicia un proceso de reconversión de sustituirlas por energías alternativas. Debido a que la tasa de

crecimiento de la población es creciente, la tasa de crecimiento promedio del consumo per cápita de energía ha sido negativa de 0.94 % en promedio<sup>5</sup>.

Una forma de observar la relación existente entre esta variable y el producto bruto interno es a través de la Intensidad energética. La medida de la intensidad energética se expresa en términos del coeficiente entre la demanda o consumo de energía y el PBI. Si esta relación se reduce, entonces, existirá un mayor grado de desacoplamiento energético en la economía, es decir habrá una mayor eficiencia en la producción.

El patrón de intensidad energética responde al concepto de eficiencia energética, el país muestra un comportamiento más especializado en la producción, denota que la política ambiental y el nivel de desarrollo de la economía peruana y los modelos aplicados en las dos últimas décadas, por ejemplo referido al transporte y la concientización ambiental en la ciudadanía para que internalicen el problema del medio ambiente.

La evolución de la variable se presenta a continuación:

**CUADRO N° 2.1.3**  
**PERU: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA**  
**(en porcentaje)**

	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	1971 - 2010
<b>INTENSIDAD ENERGÉTICA</b>	-1,38	0,28	-1,83	-2,18	-1,23

Fuente:

Ministerio de Energía y Minas, Balance Energético, 2009

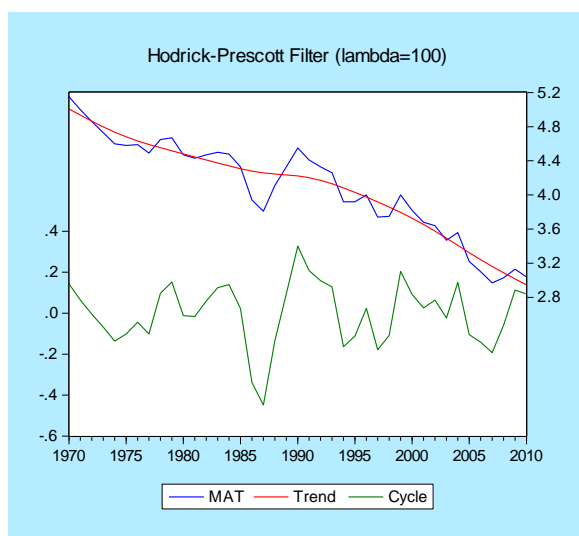
Elaboración propia

---

<sup>5</sup> La aplicación de las energías alternativas requiere de un replanteamiento de las políticas públicas a tratarse en el capítulo 5, del presente trabajo de investigación.

El Cuadro N° 2.1.3, muestra que la tasa de crecimiento promedio durante el periodo 1970-2010 es negativa; así también, lo son las tasas de crecimiento de la intensidad energética de los sub periodos, excepto para 1981-1990.

**GRÁFICO N° 2.1.3**  
**PERU: EVOLUCIÓN Y COMPONENTES TENDENCIAL Y CÍCLICO**  
**DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA. PERIODO: 1970-2010**  
**(Tera Joules / US\$)**



Fuente:

Ministerio de Energía y Minas, Balance Energético, 2009  
 Elaboración propia

Esta gráfica muestra que en el Perú se está presentando un proceso de desacoplamiento energético continuo, siendo los puntos más altos a inicio del periodo de estudio: 1970-1971: 5,1-5,0 y los niveles más bajos de intensidad energética en los años 2007-2008: 2,97 y 3,03, respectivamente.

#### **2.1.4 Evolución de las Exportaciones Industriales Reales (XIR)**

En este ítem se ha considerado como variable a las exportaciones de carácter industrial, incluyen en este rango: la exportación industrial de productos pesqueros, textiles, manufactura de madera y papeles, productos químicos, productos siderometalúrgicos, metal-mecánica, maquinaria y

equipos, entre otros. Para expresar el valor real de las exportaciones industriales se ha deflactado, con año base 2005, por el índice de precios al consumidor, de los Estados Unidos.<sup>6</sup>

Según el Cuadro N° 2.1.4, las exportaciones industriales reales, han tenido una evolución positiva a lo largo del periodo de análisis, a una tasa de crecimiento promedio de 5,42%. Al comparar la información, inter décadas, las exportaciones industriales han crecido de una tasa de crecimiento del 3,26% en la década de 1971-1980 a una tasa del 8,73% en la última década de estudio, durante 2001-2010.

**CUADRO N° 2.1.4**  
**PERU: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO DE LAS**  
**EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES**  
**(En porcentajes)**

	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	1971 - 2010
<b>EXPORTACIONES INDUSTRIALES</b>	3,26	3,12	6,71	8,73	5,42

Fuente:

Banco Central de Reserva del Perú, 2010

Elaboración propia

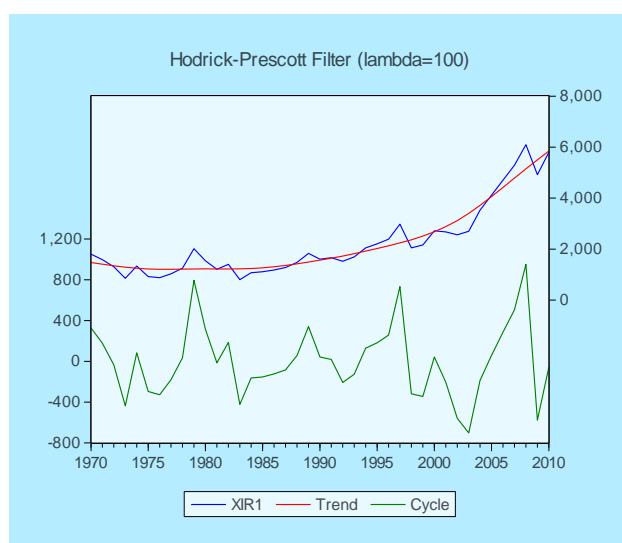
En el Gráfico N° 2.1.4, se aprecia la evolución de la variable y la descomposición en ciclo y tendencia. Según Gonzáles (2006:7-8) el dinamismo de las exportaciones se explicaría por las estrategias de desarrollo implementadas en el periodo 1970-1987, sustentada en la industrialización por sustitución de importaciones; y en el periodo 1991-2005, vía una estrategia de desarrollo neoliberal, basado en la diversificación de productos y mercados de exportación.

<sup>6</sup> Una alternativa considerada fue la indexación mediante el Índice de Precios a las Exportaciones peruanas (IPX), sin embargo, es una serie de datos incompleta, y no permitiría estimar la serie de exportaciones industriales reales para todo el periodo de análisis.



En este último escenario, el sector exportador es el motor del crecimiento económico. Así también, hacia el año 2010, se extiende la política según el modelo neoliberal con énfasis en la apertura comercial y expansión de las exportaciones sustentadas en los tratados de libre comercio con diferentes países y bloques económicos, cuyos principales mercados de destino son los Estados Unidos, la Unión Europea, China y los países de la Asociación Europea de Libre Comercio, EFTA; además con esta estrategia neoliberal es posible atenuar las crisis internacionales en el nivel de las exportaciones.

**GRÁFICO N° 2.1.4**  
**PERU: EVOLUCIÓN Y COMPONENTES TENDENCIAL Y CÍCLICO**  
**DE LAS EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES. PERIODO: 1970-2010 (millones de**  
**US\$ FOB)**



Fuente:  
 Banco Central de Reserva del Perú, 2010  
 Elaboración propia

En el cuadro N° 2.1.5, para la determinación de las tasas de crecimiento puntuales, se ha hecho uso de regresiones de las variables en logaritmos contra su tendencia, resultando así, que el coeficiente hallado que acompaña a

la variable tendencial es el valor aproximado de la tasa de crecimiento en un punto del tiempo, a esta tasa se le conoce como tasa de crecimiento continua.

**CUADRO N° 2.1.5**  
**PERU: VARIABLES EN TASAS DE CRECIMIENTO PROMEDIO. PERIODO: 1970-2010**

	Coefficient de T	t-Statistic	Prob	R <sup>2</sup>	Tasa de crecimiento	
					continua	discreta
<b>Lco2</b> <sup>a/</sup>	-0.0019	-0.87	0.385	0.019	-0,19%	0,6175%
<b>Lyr</b> <sup>b/</sup>	0.0028	1.54	0.132	0.057	0,28%	3,0575%
<b>Lmat</b> <sup>c/</sup>	-0.0114	-15.44	0.000	0.859	-1,15%	-1,3055%
<b>Lxir</b> <sup>d/</sup>	0.0390	10.29	0.000	0.731	3,91%	2,9681%

lco2p: log dióxido de carbono per cápita

lyr: log PBI real per cápita

lmat: log del nivel de materialización

lxir: log exportaciones industriales reales

Fuente:

<sup>a/</sup> CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010

<sup>b/</sup> World Bank, World Development Indicators

<sup>c/</sup> Ministerio de Energía y Minas, Balance Energético, 2009

<sup>d/</sup> Banco Central de Reserva del Perú-Estadísticas, 2010 y  
U.S. Bureau of Labor Statistic, fecha de consulta, 25/11/2011,  
<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.requests/cpi/cpiait.txt>

Elaboración propia

Respecto a las tasas de crecimiento discretas, se observa en términos del signo y magnitud porcentual, un valor relativo más alto en YR, CO2, MAT; y un valor menor en XIR; de las tasas de crecimiento continuas; siendo la tasa de crecimiento discreta de YR la más alta con 3,06%. Respecto a la intensidad energética, muestra ambas tasas de crecimiento, continua y discreta, negativas de 1,15 y 1,31%, respectivamente.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento compuesta se tiene que hacer uso del antilogaritmo<sup>7</sup> del coeficiente. A continuación, el Cuadro N° 2.1.5, se presenta el resumen las estimaciones para cada una de las variables.

<sup>7</sup> En base "e": expresa el valor de logaritmos naturales.

## **2.2. Análisis de las estadísticas descriptivas**

Del Cuadro N° 2.2.1, se observa que el valor mínimo para las emisiones de dióxido de carbono es de 0,25 por habitante y su valor máximo de 0,47; en lo que respecta al producto bruto interno real per cápita, YR, el valor máximo US\$ 3 795,29 y US\$ 1 985,77 en su valor mínimo.

Para el caso de las exportaciones industriales reales, los valores máximos y mínimos son de US\$ 6 095,06 y US\$ 801 millones de dólares, respectivamente; mientras que, en el caso de la intensidad energética representan 5,15 y 2,97 como valor máximo y mínimo, respectivamente.

El valor promedio de la renta per cápita es de US\$ 2 644,82 y, el de las exportaciones industriales reales asciende a US\$ 2 226,83. La intensidad energética promedio a 4,09 y el nivel promedio de las emisiones de dióxido de carbono del 0,33.

Además, respecto a las medidas de dispersión, el coeficiente de variabilidad, en el Cuadro N° 2.2.1, se aprecia que hay una menor variación, es decir que la desviación estándar como porcentaje de la media en las variables: producto bruto interno real per cápita, YR, y la intensidad energética, MAT, es del 15% y 14%, respectivamente; comparadas con el valor de la desviación estándar respecto a su media, de las exportaciones industriales reales del 63%. En el caso del contaminante dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, corresponde al 17%.

**CUADRO N° 2.2.1**  
**PERÚ: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES. PERIODO: 1970-2010**  
**(en niveles)**

	CO2 <sup>a/</sup>	YR <sup>b/</sup>	YR2 <sup>b/</sup>	XIR <sup>c/</sup>	MAT <sup>d/</sup>
<b>Mean</b>	0,33	2 644,82	7 141 245	2 226,83	4,09
<b>Median</b>	0,33	2 574,35	6 627 278	1 693,79	4,26
<b>Maximum</b>	0,47	3 795,29	14 404 225	6 095,06	5,15
<b>Minimum</b>	0,25	1 985,77	3 943 266	801,00	2,97
<b>Std, Dev,</b>	0,06	387,10	2 193 888	1 398,46	0,58
<b>Skewness</b>	0,39	0,90	1,42	1,42	-0,40
<b>Kurtosis</b>	2,26	4,39	5,51	4,07	2,24
<b>Coef, Var</b>	0,17	0,15	0,31	0,63	0,14
<b>Jarque-Bera</b>	1,97	8,86	24,54	15,76	2,07
<b>Probability</b>	0,37	0,01	0,00	0,00	0,36
<b>Observations</b>	41	41	41	41	41

CO2: dióxido de carbono per cápita (miles TM)

YR: PBI real per cápita (dólares del año 2005)

MAT: del nivel de materialización- Intensidad Energética (energía/PBI real)

XIR: exportaciones Industriales reales (millones de dólares año 2005)

Fuente:

<sup>a/</sup> CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010

<sup>b/</sup> World Bank, World Development Indicators

<sup>c/</sup> Estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú 2010 y  
U.S. Bureau of Labor Statistic, fecha de consulta: 25/11/2011,  
<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.requests/cpi/cpiiai.txt>

<sup>d/</sup> Ministerio de Energía y Minas, Balance Energético, 2009

Elaboración propia

Así también, en el Cuadro N° 2.2.2, se observa que hay una alta emisión de gases de efecto invernadero en el Perú, durante la última década de los 2000, con un valor máximo de 0,47 miles de toneladas de CO2 per cápita. El nivel más bajo de emisiones con 0,246 mil toneladas de CO2 per cápita, ocurre durante el año 1992, siendo el nivel promedio de descarga, en la década del 2000, de 0,36 miles de toneladas de CO2 per cápita.

**CUADRO N°2.2.2**  
**PERÚ ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL CO2 PER CAPITA POR PERIODOS**  
**(miles de tm)**

	1970-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1970-2010
<b>Mean</b>	0,38	0,31	0,28	0,36	0,33
<b>Median</b>	0,38	0,30	0,28	0,35	0,33
<b>Maximum</b>	0,40	0,37	0,32	0,47	0,47
<b>Minimum</b>	0,36	0,27	0,25	0,27	0,25
<b>Std, Dev,</b>	0,01	0,04	0,03	0,08	0,06
<b>Skewness</b>	-0,09	0,36	0,02	0,12	0,39
<b>Kurtosis</b>	1,74	1,76	1,76	1,52	2,26
<b>Coef,Variab</b>	0,04	0,12	0,09	0,21	0,17
<b>Jarque-Bera</b>	0,75	0,86	0,64	0,94	1,97
<b>Probability</b>	0,69	0,65	0,73	0,62	0,37
<b>Observations</b>	11	10	10	10	41

Fuente:

CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010

Elaboración propia

**CUADRO N° 2.2.3**  
**PERÚ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL PBI REAL PER CÁPITA POR PERIODOS**  
**(dólares del año 2005)**

	1970-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1970-2010
<b>Mean</b>	2696,81	2533,33	2311,44	3032,49	2644,82
<b>Median</b>	2733,99	2510,29	2407,91	2937,50	2574,35
<b>Maximum</b>	2820,33	2888,95	2538,11	3795,29	3795,29
<b>Minimum</b>	2540,59	2030,55	1985,77	2464,11	1985,77
<b>Std, Dev,</b>	102,14	279,20	214,56	472,04	387,10
<b>Skewness</b>	-0,31	-0,42	-0,57	0,33	0,90
<b>Kurtosis</b>	1,58	2,20	1,62	1,66	4,39
<b>Coef,Variab</b>	0,04	0,11	0,09	0,16	0,15
<b>Jarque-Bera</b>	1,10	0,55	1,33	0,92	8,86
<b>Probability</b>	0,58	0,76	0,52	0,63	0,01
<b>Observations</b>	11	10	10	10	41

Fuente:

World Bank, World Development Indicators, 2011

Elaboración propia

Según el Cuadro N° 2.2.3, el Perú, en la década de 2000-2010 obtuvo una renta real per cápita, superior a las de las décadas pasadas tanto en su

valor promedio como en su valor máximo, con US\$ 3 032 y US\$ 3 795, respectivamente.

Así también, se observa que durante las dos décadas comprendidas entre 1981-1990 y 1991-2000 el PBI real per cápita obtuvo los valores promedio más bajos de todos los sub periodos.

**CUADRO N° 2.2.4**  
**PERÚ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL NIVEL DE MATERIALIZACIÓN POR PERIODOS**  
**(energía/PBI real)**

	1970-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1970-2010
<b>Mean</b>	4,71	4,3	4,02	3,28	4,09
<b>Median</b>	4,65	4,38	3,96	3,18	4,26
<b>Maximum</b>	5,15	4,55	4,41	3,68	5,15
<b>Minimum</b>	4,47	3,81	3,74	2,97	2,97
<b>Std. Dev.</b>	0,21	0,26	0,24	0,27	0,58
<b>Skewness</b>	0,92	-0,88	0,5	0,35	-0,40
<b>Kurtosis</b>	2,76	2,34	1,87	1,45	2,24
<b>Coef.Variab</b>	0,05	0,06	0,06	0,08	0,14
<b>Jarque-Bera</b>	1,59	1,48	0,95	1,21	2,07
<b>Probability</b>	0,45	0,48	0,62	0,55	0,36
<b>Observations</b>	11	10	10	10	41

Fuente:

Ministerio de Energía y Minas, Balance Energético, 2009

Banco Central de Reserva del Perú, Memoria 2010

Elaboración propia

En el Cuadro N° 2.2.4, se aprecia el nivel de materialización, expresado como la intensidad energética, MAT; es decir, la relación entre el nivel de energía y el PBI real, muestra una tendencia relativa decreciente parece sustentar la condición de la sustentabilidad fuerte en el uso de materiales y energía a medida que la economía peruana crece; y mantener las funciones ambientales; conservar la capacidad de los procesos naturales y sus componentes para proporcionar bienes y servicios ambientales los cuales son proporcionados por las diferentes formas de capital natural.

La intensidad energética, expresada en terajoules/dólares, oscila entre 2,97 como valor mínimo en el año 2007, hasta un 5,15 como valor máximo, en el año 1970. El resultado refuerza la idea de que la intensidad energética ha disminuido en 1,73 veces en el periodo comprendido entre 1970-2007.

Al observar la trayectoria del PBI real, refleja una mejora en la productividad de la actividad económica peruana, y presenta una menor presión ambiental o uso de los recursos durante el periodo 1970-2010; por tanto, a mayor nivel de renta existe un menor volumen de desechos materiales emitidos al medio ambiente.

La disminución en la intensidad energética, que se reduce en un 57,66%, se observa en la media decreciente por décadas. En el resultado descriptivo observa en 4,71 en la década de 1970-1980, y en 3,28 en la última década de estudio en 2001-2010.

Respecto a las medidas de dispersión, el coeficiente de variabilidad, se aprecia que la desviación estándar como porcentaje de la media de la energía/PBI real para todos los sub periodos presenta relativamente una baja variabilidad entre el 5% y 8%; mientras que durante el periodo total la serie tiene un coeficiente de variabilidad de 14%, es decir que los datos denotan un comportamiento histórico más estable.

En el Cuadro N° 2.2.5, se observa las estadísticas descriptivas correspondientes a las exportaciones industriales reales, como se aprecia, el mayor nivel de exportación se encuentra en la última década, representa los años del boom exportador en la economía peruana, lo que refleja que no solo influyó la exportación de materias primas sino también de productos de carácter manufacturado.

**CUADRO N° 2.2.5**  
**PERÚ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES**  
**(Millones de dólares)**

	1970-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1970-2010
<b>Mean</b>	1320,12	1297,22	2142,39	4238,28	2226,84
<b>Median</b>	1310,10	1241,14	2105,52	4411,14	1693,80
<b>Maximum</b>	2017,21	1832,13	2977,19	6095,06	6095,06
<b>Minimum</b>	854,06	801	1520,73	2561,68	801
<b>Std, Dev,</b>	385,87	294,11	463,38	1325,48	1398,46
<b>Skewness</b>	0,37	0,22	0,41	-0.041	1,42
<b>Kurtosis</b>	2,04	2,59	2,26	1.56	4,07
<b>Coef, Variab</b>	0,29	0,23	0,22	0,32	0,63
<b>Jarque-Bera</b>	0,68	0,15	0,50	0,87	15,76
<b>Probability</b>	0,71	0,93	0,78	0,65	0,00
<b>Observations</b>	11	10	10	10	41

Fuente:

Banco Central de Reserva del Perú, Memoria 2010

Elaboración propia

Los valores exportados en la década de los 2000 son ampliamente superiores a los de las décadas pasadas, basta con observar el promedio de los años 1970's que asciende a US\$ 1 320,12 millones de dólares, mientras que en la década de los 2000 dicho monto alcanza los 4 238,28 millones de dólares, más de tres veces el monto previo.

### **2.3 Aspectos de la economía nacional y el nivel de emisiones**

Del Cuadro N° 2.3.1 y del Gráfico N° 2.3.1, se puede observar que la economía peruana ha tenido un mejor desempeño en términos per cápita durante la última década pues las tasas de crecimiento tuvieron un promedio de 4,33% mientras que en década de 1971-1980 y 1981-1990, las tasas de crecimiento de YR ascendieron a 0,87% y -2,73%, respectivamente.



**CUADRO N° 2.3.1**  
**PERÚ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA**  
**TASA DE CRECIMIENTO DEL PBI REAL PER CÁPITA POR PERIODOS**

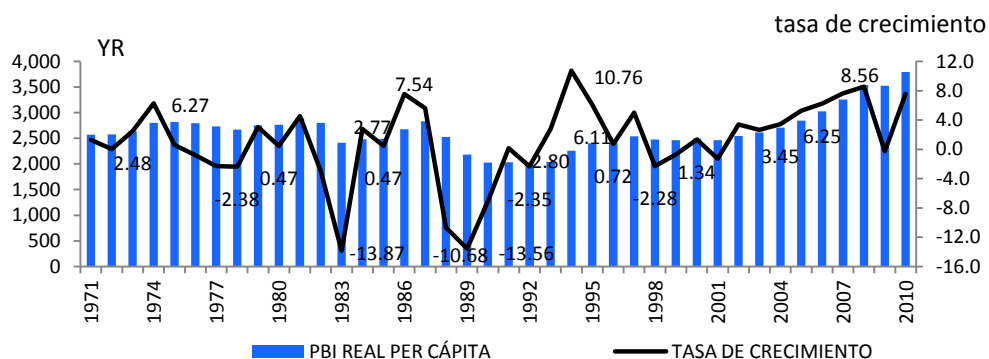
	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1971-2010
<b>Mean</b>	0,87	-2,73	2,16	4,33	1,16
<b>Median</b>	0,54	-1,26	1,03	4,37	1,32
<b>Maximum</b>	6,27	7,54	10,76	8,56	10,76
<b>Minimum</b>	-2,38	-13,87	-2,35	-1,27	-13,87
<b>Std, Dev.</b>	2,60	8,11	4,13	3,35	5,48
<b>Skewness</b>	0,66	-0,22	0,85	-0,39	-1,00
<b>Kurtosis</b>	2,96	1,52	2,84	1,96	4,18
<b>Coef, Variab</b>	2,99	-2,97	1,91	0,77	4,72
<b>Jarque-Bera</b>	0,74	0,99	1,21	0,69	8,95
<b>Probability</b>	0,69	0,61	0,55	0,71	0,01
<b>Observations</b>	10	10	10	10	40

Fuente:

World Bank, World Development Indicators, 2011

Elaboración propia

**GRAFICO N° 2.3.1**  
**PERU: NIVELES Y TASA DE CRECIMIENTO DEL PBI REAL. PERIODO: 1970-2010**  
**(miles de millones de dólares del 2005)**



Fuente:

World Bank, World Development Indicators, 2011

Elaboración propia

Un comportamiento similar se observa para las tasas de crecimiento del dióxido de carbono per cápita, en el Cuadro N°2.3.2 y Gráfico N° 2.3.2, pues al igual que en el caso anterior, la década en la que ha habido un mayor incremento per cápita ha sido la que abarca los años 2001 - 2010, incluso entre

uno de estos años se ha visto un crecimiento de hasta 21,4%, como valor máximo.

**CUADRO N° 2.3.2**  
**PERÚ: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA**  
**TASA DE CRECIMIENTO DEL CO2 PER CAPITA POR PERIODOS**

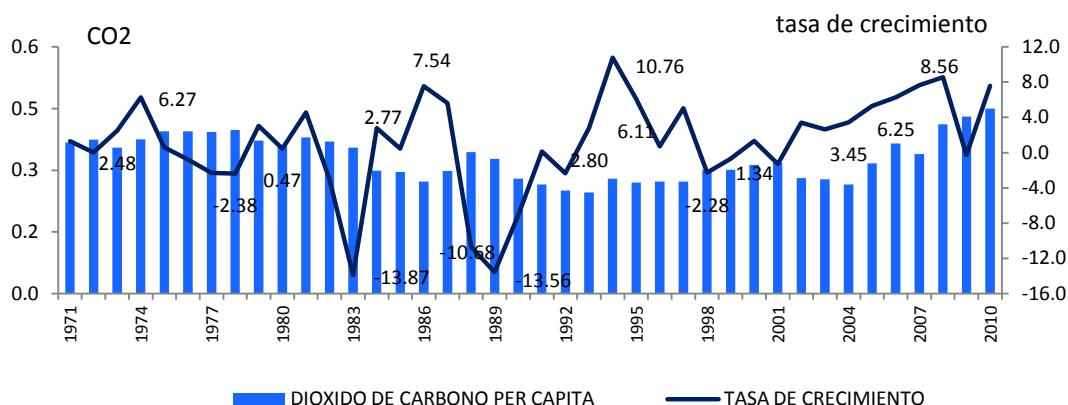
	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	1971-2010
<b>Mean</b>	0,41	-3,11	1,99	4,51	0,95
<b>Median</b>	0,63	-4,44	0,49	4,54	0,00
<b>Maximum</b>	5,72	15,40	13,45	21,38	21,38
<b>Minimum</b>	-6,32	-15,63	-5,49	-11,62	-15,63
<b>Std, Dev,</b>	4,36	9,60	5,90	11,15	8,38
<b>Skewness</b>	-0,18	0,61	0,86	0,22	0,48
<b>Kurtosis</b>	1,78	2,71	2,71	1,87	3,17
<b>Coef, Variab</b>	10,65	-3,09	2,97	2,47	8,82
<b>Jarque-Bera</b>	0,68	0,66	1,25	0,61	1,60
<b>Probability</b>	0,71	0,72	0,53	0,74	0,45
<b>Observations</b>	10	10	10	10	40

Fuente:

CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010

Elaboración propia

**GRAFICO N° 2.3.2**  
**PERU: NIVELES Y TASA DE CRECIMIENTO DEL CO2. PERIODO: 1970-2010**  
**(miles de TM)**



Fuente:

CEPAL, Estadísticas. Banco Mundial, 2010

Elaboración propia

En el Cuadro N° 2.3.3, se aprecia que, respecto al PBI sectorial que la tendencia en pesca, manufactura y comercio, no ha decrecido en las dos últimas décadas, 1990-2000 y 2000-2010; y que estos resultados se han mantenido a tasas similares de la década de 1980-1990. Respecto a la minería, construcción, electricidad y agua, se observa un incremento creciente hasta alcanzar 6,1% - 5,1% - 2,1%, respectivamente, para la última década del estudio.

La diferencia según la estrategia de desarrollo a inicios de la década de 1990, en cuanto al ajuste estructural y la apertura a los mercados externos y, tomando en consideración las políticas en términos de los gobiernos de turno; se puede apreciar que, en la cuarta década del estudio, comprendida en el periodo 2001-2010, se observa la mayor tasa de crecimiento de la economía peruana de 5,02%<sup>8</sup>.

Así también, que en el Perú va por la senda de una economía terciaria, pues para las tres últimas décadas, 1980-2010, según la estructura porcentual del PBI fluctúa entre el rango del 38,5% al 42,3% y, respecto a los sectores primarios como pesca se aprecia un estancamiento, finalizando en la década del 2000, en 0,5% y, en el caso del sector agropecuario un ligero crecimiento desde 6,7% en la década de 1980 a 8,4% en la década del 2000.

Si bien se aprecia que el sector manufactura no ha decaído post reforma neoliberal; sin embargo, está en una fase de estancamiento relativo, en el orden del 15,3%

---

<sup>8</sup> Ver Cuadro N° 2.1.2, Perú: tasa de crecimiento promedio del PBI real per cápita

**CUADRO N° 2.3.3**  
**PERU: ESTRUCTURA DEL PBI SECTORIAL**  
**DECADAS: 1970-2010 <sup>a/</sup>**  
**(en porcentajes)**

	1970-80 <sup>b/</sup>	1980-90	1990-00	2000-10
<b>agropecuario</b>	14,2	6,7	7,8	8,4
<b>Pesca</b>	1,9	0,4	0,6	0,5
<b>Minería</b>	9,1	4,3	4,7	6,1
<b>Manufactura</b>	24,9	16,2	15,3	15,3
<b>Construcción</b>		3,6	5,3	5,1
<b>Comercio</b>	14,2	14,8	14,5	14,4
<b>electricidad y agua <sup>c/</sup></b>	5,9	1,5	1,9	2,1
<b>otros servicios</b>	24,1	42,3	40	38,5

Fuente: <sup>a/</sup> Conferencia Anual de Ejecutivos - CADE 2009 - INEI

<sup>b/</sup> Pinilla (2004)

<sup>c/</sup> incluye sector de la construcción

Elaboración propia

## 2.4 Institucionalidad y política ambiental

El marco legal de la legislación ambiental peruana se basa en la Constitución política del Perú de 1993. En el artículo 2, inciso 22, establece como derechos fundamentales de la persona: "... *gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida*". Así también, en el artículo 67, establece que "*El Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales*"

En la web site del Ministerio del Ambiente, MINAM, <sup>9</sup> al 11/04/2012, se expone la legislación ambiental vigente, la cual comprende:

- Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de creación, organización y funciones del Ministerio del Ambiente, MINAM.
- LEY N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM, Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público.

---

<sup>9</sup> Ver: <http://www.minam.gob.pe>

- Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- LEY N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.

Según la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, DL N° 1013, en el artículo 6, señala dentro de sus funciones rectoras: formular, planificar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar la política nacional del ambiente aplicable a todos los niveles de gobierno.

Así también, garantiza el cumplimiento de las normas ambientales, realizando funciones de fiscalización, supervisión, evaluación y control, así como ejercer la potestad sancionadora en materia de su competencia y dirigir el régimen de fiscalización y control ambiental y el régimen de incentivos previsto por la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

La Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Vice Ministerio de Gestión Ambiental del MINAM, dentro de sus metas institucionales, realiza la difusión del Compendio de Legislación Ambiental Peruana, compuesta por nueve volúmenes temáticos referentes a:

i) marco normativo general; ii) institucionalidad y gestión ambiental; iii) política e instrumentos de gestión ambiental; iv) aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables; v) calidad ambiental; vi) legislación ambiental sectorial sobre recursos naturales y estratégicos; vii) justicia ambiental: defensa de los derechos ambientales y defensa de los derechos de los pueblos indígenas; viii) evaluación y fiscalización ambiental; y, ix) diversidad biológica y áreas naturales protegidas.

## 2.5 Conclusiones

1. Los hechos estilizados relevantes en el periodo de análisis 1970-2010, que las tasas de crecimiento promedio discretas, es negativa para el caso de la variable intensidad energética en -1,31%. Mientras que, para el caso de las variables producto bruto interno per cápita y exportaciones industriales reales, el crecimiento es positivo en 3,06% y 2,97%, respectivamente.
2. En la cuarta década del estudio, comprendida en el periodo 2001-2010, se observa el mayor crecimiento de la economía peruana visto a través del producto bruto interno real per cápita, en 4,33%. Así también, que la economía peruana va por la senda de una economía terciaria, pues para las tres últimas décadas, 1980-2010, según la estructura porcentual del PBI fluctúa entre el rango del 38,5% al 42,3%.
3. La participación del sector primario en el PBI de la economía peruana denotan, en promedio, decrecimiento o estancamiento, con la evolución del crecimiento del PBI. En el sector pesquero se aprecia un estancamiento, finalizando en la década del 2000-2010, en 0,5% y, en el caso del sector agropecuario un ligero crecimiento desde 6,7% en la década de 1980-1990 a 8,4% en la década del 2000-2010. Para el sector manufactura no ha decaído post reforma neoliberal; sin embargo, está en una fase de estancamiento relativo, en el orden del 15,3%, desde la segunda década de estudio.
4. Comparando la década de 2001-2010, la renta real promedio es equivalente a 1.12 veces más, de la obtenida en el periodo 1971-1980; es decir, que el valor del producto bruto interno real per cápita se ha incrementado en términos relativos, en 12%, por lo que debe ser guía para la mejora en términos sociales, como salud y educación.

5. La tasa de crecimiento promedio, de la economía peruana, según el producto bruto interno real per cápita, se ha multiplicado por 3.7 veces en la última década, 2001-2010, en 4,33% respecto al promedio del periodo total de estudio de 1,16%. El PBI real per cápita creció 2,26 veces, a una tasa de crecimiento promedio, del periodo 1991-2000 al 2001-2010; según los valores monetarios constantes; es decir, la economía es más eficiente en términos de una mayor rentabilidad del capital que implicaría una menor intensidad energética. Sin embargo, para el periodo 1981-1990, la tasa promedio de la década fue negativa en 2,73%.
6. Respecto a la tasa de crecimiento del dióxido de carbono, la volatilidad disminuye, pasando de 297% a 247% entre las décadas de 1991-2000 respecto al periodo siguiente, década 2001-2010; y, la volatilidad de la tasa de crecimiento del PBI real bajó de 191% a 77% en los periodos de referencia.
7. La realidad descrita para la economía peruana en cuatro décadas, según las tasas de crecimiento, permiten conocer aspectos preliminares en cuanto a producción, crecimiento y medio ambiente; el periodo 1970-2010, expresa tasas de crecimiento discretas positivas para el PBI real 3,06% y del 0,61% para el nivel de CO<sub>2</sub> per cápita. Estas variables representan el 0,28% y el - 0.19%, respectivamente, según las tasas de crecimiento continuas.
8. La tasa de crecimiento promedio del PBI real per cápita se ha quintuplicado en la última década, 2001-2010, con respecto a la década comprendida entre 1971-1980, pasando de 0,87% a 4,33%.
9. Respecto a la tasa de crecimiento de las emisiones de dióxido de carbono per cápita, en el último período de análisis el crecimiento fue 11 veces mayor que en el periodo de 1971-1980, pues en este último periodo el

crecimiento fue de 0,41%, mientras que entre el 2001-2010, el crecimiento fue de 4,51%.

10. La intensidad energética ha disminuido en 1,73 veces en el periodo comprendido entre 1970-2007. Es decir, la demanda energética por unidad de PBI muestra un patrón decreciente por lo que señala su importancia en la explicación del nivel de emisiones.
11. Los niveles más altos en la intensidad energética se presentan durante la década de 1970-1980 y de 1981-1990, lo que explica los niveles más altos en las emisiones de dióxido de carbono; sin embargo, para la década de 2001-2010 mientras que el nivel del ratio consumo de energía/PBI disminuye, en promedio, los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> aumentan, en promedio. Aunque es preciso anotar, que la variabilidad de los niveles de MAT y CO<sub>2</sub>, señalan 14% y 17%, respectivamente.

El análisis de las variables y los hechos estilizados presentados en este capítulo, durante el periodo 1970-2010, señalan que el tamaño de la población, la actividad económica y la tecnología son factores que determinan el nivel de las emisiones de dióxido de carbono.

El uso de la tecnología está disminuyendo el impacto sobre el medio ambiente, al reducir la cantidad de materiales y desechos potencialmente contaminantes y arrojados al medio ambiente; así como, del mejor uso de la energía utilizada en la producción, expresada en la intensidad energética.

Es preciso una mayor inclusión de fuentes energéticas renovables o de menor contenido de carbono para entender la influencia sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>; por tanto, se requiere del sustento teórico y de la evidencia empírica a



nivel nacional e internacional para corroborar las hipótesis del presente trabajo de investigación.

En términos que, la evolución de la actividad económica, permita explicar el deterioro ambiental, expresado en los niveles de dióxido de carbono para la economía peruana durante el periodo 1970-2010, y que esta relación en términos lineales es positiva.

La relación entre el producto bruto interno real al cuadrado y el deterioro del medio ambiente, es inversa, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, para demostrar el efecto marginal decreciente entre el producto bruto interno real y la emisión del contaminante CO<sub>2</sub>.

La relación entre las exportaciones industriales y el impacto ambiental es directa pues una mayor actividad económica en la industria exportadora impactará en forma creciente sobre el nivel de dióxido de carbono. Así como, una relación positiva en términos de la intensidad energética pues el daño ambiental es mayor cuanto más alto sea el nivel de la contaminación.

## **CAPITULO 3**

### **TEORIAS Y MODELOS**

En el presente capítulo, se resumen las diferentes teorías y enfoques respecto a la relación y problemática entre la producción, crecimiento y medio ambiente, el análisis e interpretación en términos del producto bruto interno y el dióxido de carbono. La literatura revisada comprende desde la economía clásica respecto a la población y crecimiento de largo plazo; la economía de la sustentabilidad; el enfoque de la economía ecológica.

Luego el enfoque neoclásico, y la teoría económica de la contaminación ambiental y la teoría del nivel óptimo de la contaminación, así como los instrumentos económicos para la regulación ambiental. La teoría del crecimiento económico y medio ambiente, así como, la economía social de mercado y el medio ambiente.

Así también, las nuevas teorías del desarrollo económico a nivel de país, el modelo neoliberal, incluyendo el estudio del crecimiento y calidad ambiental: la curva ambiental de Kuznets, CAK. Se presenta la visión del desarrollo, y los estudios sobre América Latina y el Caribe respecto a la CAK y, el impacto del cambio climático en el crecimiento económico peruano.

#### **3.1 Teoría Clásica. Robert Malthus: población y crecimiento**

Los economistas clásicos fueron defensores acérrimos de la libre competencia, también compartieron una visión pesimista sobre la posibilidad de mantener niveles elevados de bienestar en el largo plazo. Robert Malthus, citado por Gómez (2000:245), sostuvo que, con la expansión económica, un número creciente de seres humanos ejercerá una presión cada vez mayor

sobre la tierra de cultivo, obligando a la agricultura a intensificar la presión sobre las tierras cultivadas y a incorporar nuevas tierras de una calidad cada vez más pobre.

Al aumentar la población, la presión creciente sobre los recursos productivos disminuye la productividad media del trabajo, y su efecto sobre la producción de alimentos, terminará por conducir a una situación de estancamiento en la que, tal vez demasiado tarde, se reducirá también la tasa de crecimiento de la población. Como consecuencia, en el futuro se alcanzará un nivel estable de la población que “disfrutará”, al mismo tiempo, de un medio ambiente degradado y de un ingreso próximo al nivel de subsistencia.

El medio ambiente presta un conjunto de servicios indispensables para el crecimiento económico. La naturaleza aporta todos los materiales y fuentes de energía indispensables para la producción de bienes, asimila y capta los vertidos y demás formas de contaminación que resultan de la producción y el consumo, aporta valores de opción, de existencia, de recreación,...importantes para nuestro bienestar, y también hace de nuestro planeta un lugar adecuado para la existencia de las múltiples formas de vida y de la propia civilización.

Desde un punto de vista económico, el medio ambiente es entonces un activo escaso sobre el que pesan muchas demandas contradictorias entre sí. Sin ninguna duda, si nuestras técnicas de producción fuesen inmutables y siempre deseásemos consumir más de los mismos bienes, el crecimiento de la economía traería como consecuencia inevitable el agotamiento de los recursos y el deterioro cada vez mayor del medio ambiente. Estas ideas nos llevan directamente a la cuestión de los límites al crecimiento económico.

¿Por qué el medio ambiente supone una limitación al crecimiento económico? Una respuesta consiste en afirmar que el medio ambiente puede satisfacer las demandas de la economía hasta cierto límite máximo. Admitir esta respuesta, la discusión se centra en averiguar cómo evoluciona la escasez de los servicios ambientales a medida que crecen las actividades económicas. En ese sentido aparecen, al menos, dos posibilidades.

Una primera alternativa, afincada en la hipótesis maltusiana, sostiene que a medida que se produce el crecimiento, aumentan simultáneamente todos los impactos ambientales. Es decir, con la expansión económica crecen, al mismo tiempo, las demandas de materiales, de energía, de servicios de asimilación de vertidos, de servicios recreativos, de calidad ambiental, etc. Christensen (1989) y, Daly (1992), citados por Gómez (2000:247)

Así también, el autor considera que la opinión en la economía ambiental es que la escasez proviene precisamente del conflicto entre las diferentes demandas que puede satisfacer la naturaleza. Por ejemplo, el uso de un bosque para extracción de madera supone renunciar a servicios ambientales o de reserva de la biodiversidad. La extracción de petróleo para satisfacer la demanda actual reduce las alternativas de uso de la siguiente generación, y la sobrexplotación de peces compromete la disponibilidad futura del recurso.

El análisis económico defiende un concepto de *escasez relativa* (y no generalizada). El añadido de relativo se justifica por tres razones:

- Los recursos naturales son escasos con respecto a nuestros deseos y a las demandas que esperamos satisfacer con ellos. Estos deseos no son inmutables.

- Los recursos naturales son relativamente escasos con respecto a otros bienes a partir de los cuales podemos satisfacer las mismas demandas. Sin embargo, a medida que aumenta la escasez física, la sociedad tiene la posibilidad de reducir la escasez económica.
- La escasez del medio ambiente también es relativa a la capacidad que tiene la sociedad, la economía, de satisfacer a partir de él las demandas de las personas.

En Gómez (2000: 247-8), según la economía ambiental, mientras no tengamos una teoría que nos indique claramente los límites del progreso técnico, de la sustitución de materiales o de los cambios en las preferencias sociales, no podremos deducir que existe un límite absoluto al crecimiento económico y, mucho menos, que la mejora en los niveles de bienestar es incompatible con la conservación de los recursos naturales y ambientales,

### **3.2 La economía de la sustentabilidad**

El surgimiento de problemas ambientales planetarios provocados por el crecimiento demográfico y consumos superiores a la capacidad de carga mundial emplazó a políticos y sociedad a considerar premisas de sustentabilidad.

Falconí (2002), citado por Bustillo y Martínez (2008:392), sostiene sobre la sustentabilidad fuerte<sup>10</sup> que, el capital económico y el capital natural no son sustitutivos sino complementarios, pues el capital natural provee funciones que no pueden ser reemplazadas por el capital económico. La condición previa es mantener las funciones ambientales que puedan ser identificados como stock o

---

<sup>10</sup> Propia de los economistas ecológicos.

flujos de capacidad de carga, los cuales son proporcionados por las diferentes formas de capital natural.

Se le asocia con la noción de que el crecimiento económico, calculado por uno de sus indicadores estándar, el producto bruto interno por habitante, provoca una menor presión ambiental o uso de los recursos en el tiempo. Así, en la medida que aumenta el ingreso, en un momento dado se emitiría menor cantidad de SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, por habitante.

Así también, la sostenibilidad débil representa la concreción de los principios neoclásicos y su base fundamental es el postulado de mantener el stock de capital natural. La herramienta neoclásica por excelencia ha sido el análisis beneficio costo, que tiene por objetivo alcanzar el excedente social de las decisiones públicas (Bustillo y Martínez 2008: 392-93).

Vegara (s.f.), sostiene que, el análisis económico se relaciona con la equidad intergeneracional; para explicar qué procesos generan problemas de solidaridad intergeneracional, así como analizar la viabilidad y eficacia de las respuestas posibles. El informe Brundtland (1987), define como: "el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras." Brundtland Report, World Comission (1987).

Las definiciones de sustentabilidad pueden agruparse en dos tipos básicos: el enfoque de las reglas de gestión, basadas en la definición de unas reglas de gestión adecuada de los recursos y de la polución, y según el

enfoque de la definición abstracta, formulados a partir de una definición abstracta, por ejemplo, las funciones de bienestar<sup>11</sup>.

Vegara (s.f) hace una recopilación de la literatura académica sobre la definición abstracta según los modelos de crecimiento de un sector con un recurso agotable, basados en el rol del cambio tecnológico y la sustituibilidad como condición de la sostenibilidad.

Así, para Solow (1986), la definición de sostenibilidad se formula en términos de “bienestar per cápita no decreciente”. En 1993, sostiene que si “la “sostenibilidad” debe equivaler al requerimiento de preservar la capacidad productiva en un horizonte indefinido”. El autor discute la singularidad material de los objetos que constituyen el legado a transmitir; según su criterio, se trata del capital total agregado. Relación entre la composición del stock y el objetivo.

Para Pezzey (1992), “la sostenibilidad se define en términos de utilidad no decreciente, relativa a un miembro representativo de la sociedad en una perspectiva de milenios”. Pezzey (1992b), analiza por qué el funcionamiento de los mercados no es capaz de dar lugar a un desarrollo sostenible y formula un conjunto de modelos que les permiten formular las condiciones de insostenibilidad desde el punto de vista neoclásico.

Luego, Toman et al. (1995), definen una función de bienestar social intergeneracional “la sostenibilidad en el sentido de mantener niveles

---

<sup>11</sup> **el enfoque de las reglas de gestión**, según los principios de: i) irreversibilidad cero, de los daños irreversibles; ii) recolección sostenible: tasa de recolección de los recursos renovables igual a su tasa de regeneración; iii) vaciado sostenible: la tasa de vaciado igual a la tasa de creación de sustitutos renovables; iv) emisión sostenible: la tasa de emisión de residuos igual a las capacidades naturales de asimilación de los ecosistemas; v) selección sostenible de tecnologías: aumento de la productividad de los recursos frente a su extracción; vi) precaución: actitud de anticipación vigilante. El **enfoque de la definición abstracta**, según los modelos de crecimiento de un sector, con un recurso agotable (véase Solow, 1974; Stiglitz, 1974; Dasgupta y Heal, 1974): destacan el papel del cambio tecnológico y de la sustituibilidad como condición de la sostenibilidad.

aceptables de bienestar a lo largo del tiempo". De Pearce et al.(1989), sostienen que las generaciones futuras deben ser compensadas por los daños futuros provocados por las actividades actuales. Sostienen que el mejor modo de cumplir este objetivo consiste en transmitir a la generación futura un stock de capital (natural y artificial) no inferior a aquél del que se dispone.

También precisa que la mejora de la política ambiental puede mejorar la sostenibilidad pero que no es suficiente: es necesaria una política específica de sostenibilidad. Explicita que los modelos habituales de crecimiento óptimo que se utilizan "no pueden alcanzar un alto nivel de realismo pero que pueden ser útiles para clarificar conceptos y formular sugerencias para la política".

Finalmente, Common y Perrings (1992), identifican los principales conceptos de sostenibilidad. Sostienen que un desplazamiento ético que nos aleje de los valores que privilegian la soberanía de los consumidores puede ser un aspecto necesario de una economía ecológica de la sostenibilidad, perspectiva en la que se sitúan.

### **3.3 El enfoque de la economía ecológica**

Para Martínez Alier (s.f.), citado por Rappo y Vásquez (2006: 105-6), no todo crecimiento es perjudicial para el ambiente, dependerá de la estructura de consumo y de las técnicas utilizadas. La economía ecológica plantea que no sólo la economía forma parte de la naturaleza, sino que la economía está imbricada en una estructura de derechos de propiedad y en una distribución social de renta y poder, por lo cual los problemas ecológicos y las políticas, consideren los conflictos sociales, y las relaciones entre países ricos y pobres.



Luego, para Aguilar (2002), el desarrollo es por definición sustentable, pues éste se centra en el bienestar y calidad de vida de las personas: empleo, ingresos, salud, educación, vivienda, drenaje, agua y calidad ambiental. La disminución de la calidad ambiental afecta el bienestar y calidad de vida humana; entonces, el desarrollo y el ambiente es un binomio indisoluble.

Goodland, Daly y Serafy (1992), citados por Del Valle (2007:3), en términos ecológicos, la situación del hombre en la tierra ha pasado de un joven “mundo vacío” pero lleno de capital natural; a un “mundo lleno” y maduro, donde las necesidades, percibida o no por los que toman decisiones, conlleva a una mejora cuantitativa de la conexión entre sus componentes (desarrollos), alianzas cooperativas y flujos de desechos reciclados en un “circuito cerrado”.

### **3.4 El enfoque neoclásico**

Los planteamientos de la economía ambiental, el agotamiento y deterioro de los recursos naturales radican en que los recursos naturales son bienes públicos y no existen derechos de propiedad individual sobre ellos, y generan desperdicio.

Según Pearce (1985), citado por Rappo y Vásquez (2006: 102), el ambiente son bienes y servicios que deben ser tratados exactamente como cualquier otra mercancía para los que hay un mercado; este es el punto de vista de los economistas neoclásicos, que se han dedicado al refinamiento, la expansión y las implicaciones del pensar al medio ambiente como una mercancía.

### 3.4.1 Teoría económica de la contaminación ambiental

El desarrollo sostenible implica lograr el crecimiento económico y el bienestar de la sociedad, con el uso racional de los recursos naturales sin comprometer los ecosistemas para las futuras generaciones. Es decir, que el término "desarrollo sostenible" pretende solucionar los grandes problemas causados por el sistema económico, como la desigualdad social y la crisis ecológica, sin renunciar al desarrollo económico.

Según Pearce (1995), citado por Litano (2003: 8), la economía ambiental, incorpora el concepto del desarrollo sostenible en el cual el medio ambiente se puede monetarizar. Otorga una valoración económica de las variables ambientales mediante la internalización de los costos externos, incorpora, conceptualmente, la preocupación por la calidad del crecimiento económico y el interés por asegurar un medio ambiente sano para las generaciones futuras.

En la medida que los estragos causados por la contaminación del agua, aire y suelo son evidentes, la economía ambiental establece límites a las emisiones nocivas con el fin de mantener niveles óptimos de contaminación, generalmente definidos según el análisis costo/beneficio. La teoría económica, desde el punto de vista económico define a la contaminación, de diferentes maneras a pesar de que sean equivalentes en el uso diario y técnico<sup>12</sup>.

### 3.4.2 Tipos de contaminación

La contaminación puede clasificarse de acuerdo a su origen en:

- **Natural:** causada por fuentes de contaminación de origen natural, como volcanes o efectos geoclimáticos. Se caracteriza generalmente por que se

---

<sup>12</sup> Ver Capítulo 3, ítem 3.4.3: Teoría del nivel óptimo de la contaminación, de la presente investigación.

encuentra dispersa en un área mayor, cuyo efecto es diluido por los procesos naturales.

- **Antropogénica:** producida o distribuida por el ser humano. Este tipo de contaminación ocurre en áreas cercanas a zonas urbanas y regiones industriales donde los contaminantes están concentradas en pequeños volúmenes de aire, agua y suelo.

### 3.4.3 Teoría del nivel óptimo de la contaminación

Medir el daño ambiental es la necesidad de identificar la curva de costes marginales externos, de cara a una regulación del nivel de contaminación. Es importante tener en cuenta que la medición se ha de realizar en unidades monetarias, ya que si la medición se realizase en otro tipo de unidades no sería posible identificar el óptimo social: la curva de Beneficios Marginales Privados viene dada en unidades monetarias, Pearce (1995), citado por Litano (2003: 12).

Es decir, que el principal problema de este tipo de enfoque es la ausencia de mercados reales para la mayor parte de beneficios y costes ambientales, no existe un mercado de la calidad del aire ni del agua. Es decir, que la solución a este problema pasa por la creación de mercados artificiales o bien por el uso de métodos indirectos de mercado. La valoración ambiental también puede ser utilizada para mostrar la importancia de la política ambiental.

En el Gráfico N° 3.4.3.1, se tiene que:

**BPMN** = es la curva de beneficios privados marginales netos. Es decir, del beneficio neto extra de cambiar el nivel de actividad en una unidad.

**CME** = es el costo marginal externo. Valor del daño ocasionado por contaminación proveniente de la actividad medida por Q

$Q$  = es el nivel de producción.

$Q^\pi$  = nivel de la actividad económica: produce máximos beneficios privados.

$Q^*$  = es el nivel óptimo de externalidad. A este nivel

$BPMN = CME$  y  $BPMN = P - CM$ , donde,

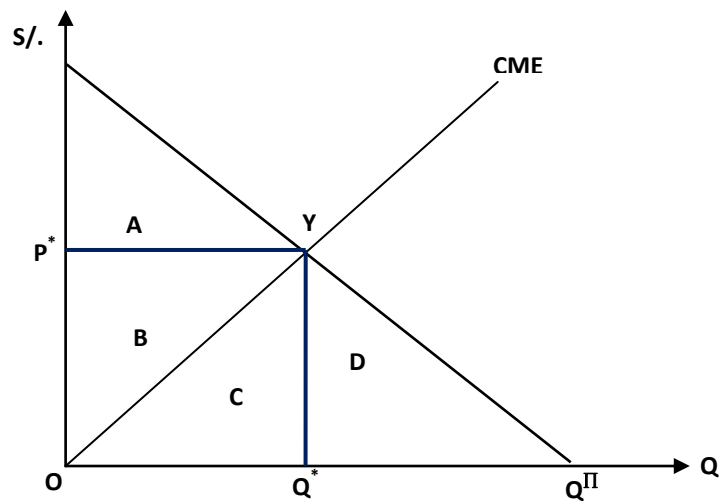
$CM$  = es el costo marginal de producir el contaminante. Es decir que,

$P = CM + CME$ ; y  $CMS = CM + CME$ , donde,

$CMS$  = es el costo marginal social.

Por tanto, cuando:  $BPMN = CME$ , entonces,  $P = CMS$ , es decir que el precio es igual al costo marginal social que representa la optimalidad paretiana.

**GRAFICO N° 3.4.3.1**  
**NIVEL OPTIMO DE EXTERNALIDAD**  
(nivel de producción - unidades monetarias)



Fuente:  
Pearce (1995)

El área por debajo de  $BPMN$ , es el beneficio privado total neto del contaminador. El área por debajo de  $CME$ , es el coste total externo. El

objetivo de la sociedad es maximizar la suma de los beneficios menos los costes: el área  $OQ^*Y$ , expresa el beneficio neto.

Es decir,  $Q^*$  es el nivel óptimo de actividad equivalente al nivel óptimo de contaminación, (y de la externalidad). Sin embargo, un nivel de actividad económica y socialmente óptima no coincide con el óptimo privado si existen costos externos. Entonces, es posible lograr el óptimo social mediante el mercado, al asegurar la cantidad óptima de la externalidad por medio de sistemas impositivos o de regulación gubernamental.

#### **3.4.4 Niveles de contaminación óptima**

El Gráfico N° 3.4.4.1, grafica el costo de controlar las emisiones y el costo del daño ambiental. En donde:

**$C_1$** : es el costo marginal de largo plazo de la empresa por el control en la disminución de la descarga de emisiones. En términos de la disminución de las ganancias al tener que disminuir las emisiones en una unidad adicional.  $C_1$  tiene pendiente negativa, porque el costo marginal de la empresa aumenta si disminuyen el flujo de emisiones; el beneficio ambiental aumenta si las emisiones disminuyen.

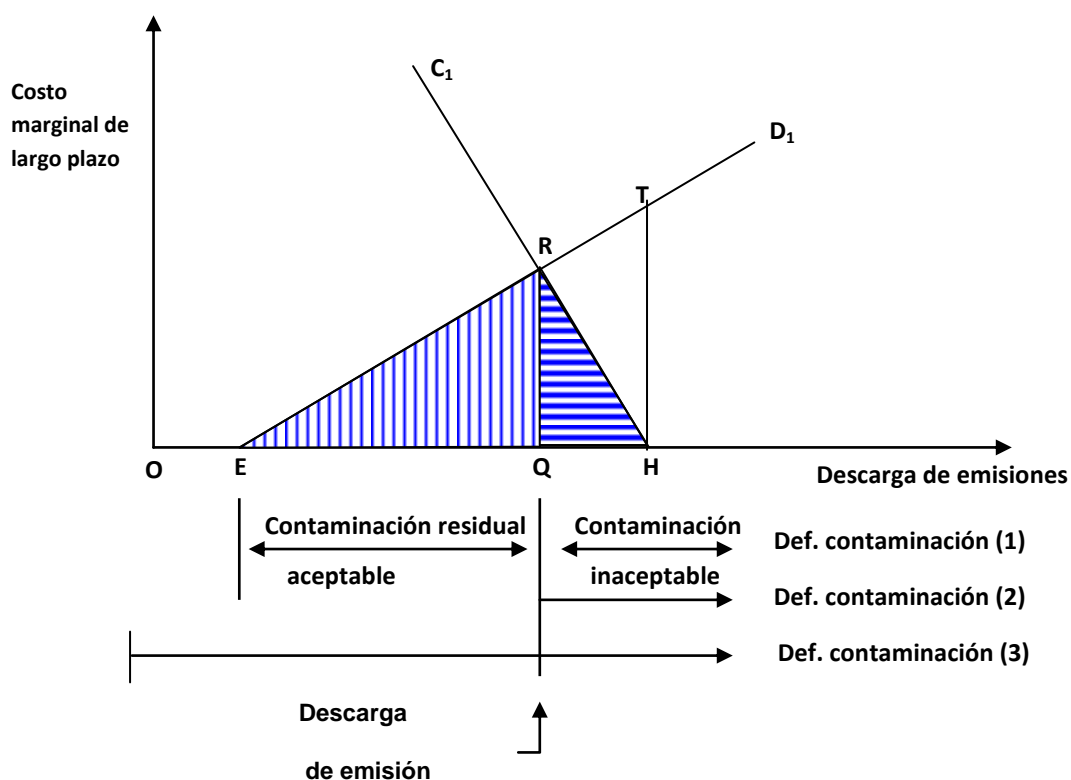
**$D_1$** : es el daño marginal medio ambiental de largo plazo generado por la descarga de emisiones en términos de la pérdida del beneficio ambiental.  $D_1$  tiene pendiente positiva, porque el daño aumenta si aumentan el flujo de emisiones.

**OQ**: es la carga óptima en la cual  $C_1 = D_1$

**QRTH**: es el área de beneficio al medio ambiente

**QRH:** es el costo para la empresa. Si la carga de emisión disminuye de OH hacia OQ, el beneficio al medio ambiente es mayor que el costo para la empresa. Es decir, se obtiene un beneficio social neto: RTH.

**GRAFICO N° 3.4.4.1**  
**DESCARGA DE EMISIONES SOCIALMENTE OPTIMA**  
**(costo marginal de largo plazo – descarga de emisiones)**



Fuente:  
Pearce (1995)

**RTH:** beneficio social neto, BSN, por un cambio en la descarga de emisiones de OH a OQ. Este BSN es equivalente al costo mínimo social, determinado por un nivel eficiente de emisiones, tal como el segmento OQ que expresa la minimización de la suma del costo social total del control de emisión más los costos sociales totales de los daños de las emisiones al medio ambiente.

**ERQ:** contaminación óptima de daño ambiental o costo mínimo social.

### **3.4.5 Instrumentos económicos de gestión ambiental**

La regulación ambiental, utiliza instrumentos mediante la regulación directa e instrumentos económicos. Entre los primeros se encuentran los estándares de calidad y estándares de emisión. Según Kolstad (2001), citado por Litano (2003), la regulación ambiental, utiliza los instrumentos económicos como los derechos y propiedad, la creación de mercados y los instrumentos fiscales, como los impuestos de contaminación, impuesto de emisiones o descarga, para el control de la contaminación sobre el medio ambiente<sup>13</sup>.

Los instrumentos económicos según el concepto de la OCDE<sup>14</sup>, citado por la Fundación Fórum Ambiental (2001: 50-1), como aquellos que influyen en las valoraciones de los costos y beneficios de acciones alternativas, con la finalidad de modificar un cambio en el comportamiento del agente económico que haga antieconómica la continuidad de su actividad negativa por su propia conveniencia, y como incentivo para la disuasión, en un modo que sea favorable a la protección del ambiente.

Los instrumentos económicos utilizados como mecanismo de gestión de la política ambiental con amplia participación de la sociedad para fomentar la internalización de costes ambientales, de prevención, control y daños derivados de la contaminación, en las empresas se pueden clasificar según las siguientes categorías:

---

<sup>13</sup> Ver también, ítem 3.4.3 Teoría del Nivel Optimo de la Contaminación, del presente trabajo de investigación.

<sup>14</sup> OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

(i) tributos ambientales; ii) derechos de emisión comercializables: determinar la cantidad y precio según el mercado; iii) depósitos reembolsables: fomento del reciclaje; iv) incentivos financieros: subvenciones o ayudas: programas de eficiencia energética y de formación ambiental; v) acuerdos voluntarios, entre la administración ambiental y el administrado como un instrumento híbrido entre “command and control” y “incentives based mechanisms” para flexibilizar y fomentar una tendencia hacia la búsqueda de consenso entre los contratantes.

La OCDE, citada por la Fundación Fórum Ambiental (2001: 50), considera el uso de los instrumentos económicos, como un incentivo permanente para reducir la contaminación por debajo los niveles legales. Además, porque aumentan el ahorro de coste de los agentes contaminadores puesto que les permiten buscar su vía más conveniente para reducir la acción contaminadora. Además son más flexibles que los actos unilaterales administrativos.

La Unión Europea fomenta el uso de instrumentos económicos en la protección ambiental sobre la base de que el desarrollo de los mercados para bienes y servicios ambientales puede servir para integrar con eficacia las políticas ambientales y económicas. En ese sentido, la Comunicación de la Comisión sobre Integración de las Materias Ambientales sugiere además, los siguientes instrumentos:

i) la creación y asignación de derechos de propiedad negociables: definir la titularidad sobre un bien o un servicio para que funcione con eficiencia el mercado; ii) la fiscalidad ambiental: útil para fijar un precio a la contaminación y para reducir o eliminar la diferencia entre los costes que tiene que afrontar el sujeto privado que lleva a cabo la actividad y los costes que asume la sociedad.



Así también, según el documento, optar por los instrumentos económicos presupone un menor coste económico para la reducción de la contaminación, ya que la utilización de la regulación implica la recopilación de una mayor información, la opción por los mecanismos de carácter económico supone un menor coste a nivel informativo, dado que los agentes contaminantes reaccionarán instintivamente a la imposición del gravamen. De este modo, el contaminador optará por la forma menos costosa de reducir la contaminación.

### **3.5 Teoría del crecimiento económico y medio ambiente**

La moderna teoría del desarrollo explica el crecimiento económico de los países no sólo por la cantidad de recursos de trabajo y capital puestos en juego en el proceso productivo, sino también y de forma relevante por otros aspectos sociales tan diversos como el nivel educativo (capital humano), el esfuerzo innovador (capital tecnológico) o la inestabilidad política y social. Al añadir a un bien público una externalidad negativa...hay nuevos problemas, que son los habituales en la economía del medio ambiente.

Howarth y Norgaard (1990, 1992 y 1993) sobre «overlapping generations (OLG)», citados por Pulido (2009:11), basado en la teoría clásica del bienestar, con diferentes dotaciones de recursos intergeneracionales; concluye que, la senda óptima de consumo a través del tiempo y la valoración marginal de la externalidad negativa medioambiental, medida vía impuesto sobre emisiones depende de la distribución de la riqueza y de las transferencias intergeneracional: el valor varía con la visión que la sociedad tenga del futuro.

La eficiencia económica no es necesaria para la sostenibilidad ecológica e incluso puede entrar en conflicto con ella: “if existing preferences and technologies are not ecologically sustainable, then consumer sovereignty

implies system instability... An ecological economics of sustainability implies an approach that privileges the requirements of the system above those of the individual” (Pulido 2009:11).

### **3.6 Economía de mercado y social de mercado**

Los fundamentos de la economía social de mercado se encuentran principalmente en los principios básicos de la doctrina social de la iglesia. Estos fundamentos se sintetizan entre otros: la primacía de la persona; el bien común; la solidaridad; la subsidiariedad; la opción preferencial por los pobres; y el cuidado del medio ambiente y del cambio climático.

En una economía social de mercado, el Estado tiene entre sus tareas económicas y sociales, conseguir la participación ciudadana en el desarrollo económico vía política social y redistributiva; evitar grandes diferencias en el desarrollo económico de las regiones de un país vía una política regional; proteger el medio ambiente, si la contaminación ambiental no se manifiesta en los costos de producción.

Según el “Principio del Contaminador paga”, el contaminador debe pagar los costes del deterioro del medio ambiente. Este principio corresponde a la idea fundamental de una economía social de mercado (Binder 2005: 2-3).

### **3.7 Teorías del desarrollo económico a nivel de país**

Las teorías modernas del desarrollo económico a nivel de país incorporan un papel más activo de los agentes debido a que enfrentan un ambiente de mercado con incertidumbre, problemas de información y costos de transacción diferentes de cero (Tello 2006:xviii).

### **3.7.1 El modelo neoliberal**

El activo papel del Estado en casi todos los mercados de las economías en América Latina, durante el periodo 1950-1980, que condujo la estrategia del modelo ISI tuvo consecuencias negativas que llevaron al resurgimiento del “pensamiento (neo) liberal” donde el principio del mercado libre de distorsiones y el énfasis en los fundamentos de la economía requerían ser la base del desarrollo de las economías de la periferia.

El “nuevo modelo” liberal denominó a la eliminación de distorsiones como “reformas estructurales”. Entre ellas, el establecimiento y seguridad de los derechos de propiedad. Las reformas, conjuntamente con los principios de la economía de mercado, fueron complementadas con el rol del sector externo vía exportaciones en el crecimiento de la economía. Así, el pensamiento liberal postula que las exportaciones generan...efectos positivos para el crecimiento de las economías en desarrollo (Tello 2006:10-1).

### **3.7.2 Las nuevas teorías de desarrollo y crecimiento económico**

Las Nuevas Teorías de Desarrollo económico o el enfoque institucional o de la organización, que distinguen a éstos de los modelos neoclásicos tradicionales de crecimiento económico.

Este resurgimiento de las teorías de desarrollo y crecimiento económico en los 1980s (luego de la disminución en el número de contribuciones en estas áreas ocurrida desde mediados de los 1960s) se origina con los ....trabajos de Romer (1986); Lucas (1988), Stiglitz (1988a y b), North (1981, 1986, 1990) y Olson (1982,1996), citados por Tello (2006:13). Estos trabajos iniciaron y

establecieron la teoría moderna o las nuevas teorías del desarrollo y crecimiento económico.

Tello (2006:13-22), presenta el enfoque entre, instituciones, organización, capital social y desarrollo, con asimetría de información y mercados incompletos. Analiza los problemas de coordinación y el enfoque ecológico del desarrollo: la economía es como un “ecosistema”, en equilibrio con distorsión enfatiza los efectos de las externalidades. Luego, explica las diferencias en los niveles de desarrollo entre países pobres y ricos en función de la brecha de conocimientos y la falta de desarrollo e innovación tecnológica.

### **3.7.2.1 Factores y producción: el modelo de crecimiento endógeno**

Según Díaz-Bautista y Sáenz: (2002:114-6), las nuevas teorías de crecimiento endógeno, involucra factores y producción centrados en la naturaleza y el papel del conocimiento en el proceso del crecimiento, Romer (1986, 1990); Grossman y Helpman (1990, 1994). A diferencia de los modelos anteriores del crecimiento de Solow (1956) y Swan (1956), en donde el cambio tecnológico apareció como parámetro exógeno, esta nueva teoría del crecimiento ha buscado endogeneizar el cambio técnico.

Según el autor, la teoría endógena muestra cómo los países pueden trabajar dentro del proceso de globalización, para encontrar actividades complementarias, como la educación e instrucción, que ayuden a los países a sobrevivir y recoger rentas de las corporaciones multinacionales dentro de sus límites políticos y económicos.

Así también, el capital humano se introduce en las nuevas teorías del crecimiento con y sin externalidades. Los dos acercamientos principales son: la

incorporación del capital humano como entrada en los factores, por ejemplo: adaptando el modelo de Solow (Mankiw, Romer y Weil (1992); Romer (1996); explicando el proceso de la acumulación del conocimiento relacionándolo directamente con la acumulación de capital humano, o indirectamente para la investigación y el desarrollo, Lucas (1988) y Romer (1986, 1990).

#### **A. Crecimiento y calidad ambiental: curva ambiental de Kuznets**

Gómez (2000: 250-1), se interroga, ¿puede el crecimiento económico, particularmente en los países en desarrollo, sentar las bases para conseguir una mejora de los problemas de degradación ambiental? La esperanza de que la respuesta a esta pregunta puede ser positiva se encuentra en un conjunto de hechos demostrados que ponen en cuestión las hipótesis simples, según las cuales el crecimiento económico conduce necesariamente a una mayor degradación ambiental.

Por el contrario, existe una evidencia empírica importante que permite pensar que la mejora de la calidad ambiental puede hacerse compatible con el crecimiento económico siempre que se supere un determinado nivel de bienestar en la sociedad.

Esta hipótesis se conoce como la Curva de Kuznets Ambiental, CKA, y expresa que, en los países con bajos niveles de desarrollo, la degradación ambiental es limitada debido a que la producción se obtiene básicamente de actividades agrícolas tradicionales, poco productivas, respetuosas de los equilibrios ambientales y con una gran proporción de desechos biodegradables.

Luego, cuando se alcanzan niveles elevados de desarrollo son tanto el cambio de la estructura productiva, hacia actividades de servicios, intensivas en información, la mayor valoración de la calidad ambiental por parte de las personas y el desarrollo de instituciones encargadas de proteger el medio ambiente, conducen a la estabilización y, eventualmente, mejora de la calidad del medio ambiente.

Para Arrow et al. (1995), citado por Gómez (2000: 251), la mejora de los índices de calidad y el crecimiento en las etapas avanzadas del desarrollo podría ser la consecuencia del paso progresivo de economías rurales “limpias” a economías industriales “sucias” y, finalmente, a economías de servicios “limpias”. En definitiva, es el cambio en la composición de la producción el que explicaría la forma de U invertida de la relación entre los indicadores de calidad ambiental y el nivel de renta *per cápita*.

El que esta explicación pueda ser válida con carácter general, y no sólo para el conjunto de países privilegiados que han alcanzado niveles elevados de bienestar, depende de que la mejora ambiental no se haya apoyado en la exportación, por parte de las economías avanzadas, de sus actividades más contaminantes a los países más pobres.

Por eso, más importante que la evolución de la estructura productiva, parece ser el cambio en los patrones de consumo y gasto, que acompaña al crecimiento económico y el desarrollo de instituciones, particularmente de la política ambiental.

Según Jaegger (1998), citado por Gómez (2000: 251), dado los bajos niveles de consumo y producción, la restricción ambiental es irrelevante ya que la demanda de calidad del aire o del agua se puede saciar con los recursos

disponibles. Luego, a medida que crece la actividad económica y el ingreso, aumenta la demanda de calidad ambiental y la disposición a utilizar tecnologías limpias y, a atenuar los impactos ambientales de una actividad económica creciente.

Para Cuevas (2006: 5-11), la CKA se fundamenta por: a) el efecto composición, entre países desarrollados, PD, y países en desarrollo, PED, en una relación agro-industria-servicios; b) el efecto desplazamiento: exportación de manufacturas de los PED, y exportación de servicios y conocimientos de los PD; c) el progreso tecnológico, mayor inversión en investigación y desarrollo en los procesos productivos y sustitutivos de recursos contaminantes. Así, los PED reproducirían la CKA-PD a niveles inferiores (Banco Mundial, 1992)

Selden y Song (1994), citados por Correa (2005: 15), trabajan la contaminación atmosférica por las emisiones de dióxido de azufre,  $\text{SO}_2$ , partículas totales en suspensión, PTS, óxido de nitrógeno, NO, y monóxido de carbono, CO; en el estudio encuentran la relación de la CKA-U invertida explicada por una mayor atención a la calidad del aire urbano, menores costos relativos, aumentos en la renta, las industrias salen de las áreas urbanas; la polución urbana representa el mayor riesgo para la salud humana .

Los autores encuentran puntos umbrales mayores a US\$ 8 000 dólares para  $\text{SO}_2$  y SPM; sin embargo, este valor parece no ser sensible al incluir la densidad poblacional como variable regresora. Es decir, que la combinación de políticas para combatir con bajos costos la contaminación permite que se presente la relación de Kuznets con puntos umbrales relativamente bajos, es decir, más factibles de alcanzar.

Así también, Grossman y Krueger (1995), citados por Correa (2005: 16-8), encuentran la CKA-U invertida, por las emisiones de SO<sub>2</sub>, PTS: PP (Pb, As, Cd) y Humo. Se estimó la pendiente de la relación entre la contaminación y el ingreso per cápita entre US\$ 10 000-12 000 dólares, cuyo resultado expresa una significancia del 1% en los incrementos del ingreso asociados con bajas concentraciones para los tres tipos de contaminantes del aire. Para el caso del As, el cambio de la tendencia está alrededor de US\$ 4 900.

### **3.8 Visión del desarrollo**

La teoría del crecimiento económico moderno implica un cambio evolutivo en la estructura económica, según patrones comunes en las economías en crecimiento. Cuando una economía empieza a generar productos agrícolas con la suficiente eficiencia, aparece el sector manufacturero.

Es incuestionable que la brecha tecnológica tiene que reducirse para que el proceso de globalización tenga éxito como proyecto histórico que construye una sociedad global, los países subdesarrollados no cuentan con los recursos necesarios para implementar un plan nacional de investigación.

Implicancias en el campo empresarial, pues sin investigación no hay desarrollo de nuevos productos; por tanto, consecuentemente, se ofertan los mismos productos de baja calidad, reduciéndose así las posibilidades de competitividad global.

Hoy en día el crecimiento económico se enmarca en el proceso de la globalización según la definición del desarrollo sostenible; es decir, la conjunción del crecimiento económico, la equidad social y la sustentabilidad ambiental.



La globalización y sus efectos pueden y deben ser modificados para que sus beneficios se distribuyan equitativamente entre la población mundial ya que es evidente que el número de excluidos por este nuevo orden se multiplica. Por ende, no podemos hablar de progreso si éste es sólo económico, beneficia a unos pocos y genera pobreza.

Una de las estrategias, citadas por Rojas (2006: 5), para lograr este cambio de rumbo se articula a través del Desarrollo Local. La experiencia ha demostrado cómo economías locales desarrolladas pueden convertirse en uno de los principales activos para el progreso de un país.

Según Romer (1986) y Lucas (1988), citados por Tello (2006), la teoría del crecimiento económico se convierte en uno de los campos de investigación más activos de los últimos tiempos. En estos modelos el crecimiento económico surge de forma endógena. Es decir, trata de incorporar de una manera explícita al modelo factores como el capital humano, las innovaciones, y la tecnología; por lo que la economía puede experimentar crecimiento sin acudir a un factor exógeno.

### **3.9 América Latina y el Caribe: la curva ambiental de Kuznets**

Saravia (s.f), analiza la curva ambiental de Kuznets, CAK, expresada como la relación en forma de U-invertida existente entre PIB per cápita e indicadores de calidad ambiental. Enfatiza el efecto diferenciado del crecimiento económico en la calidad ambiental, de países desarrollados, PD; y, de países en desarrollo, PED.

De acuerdo al World Bank (2004), citado por Saravia (s.f:10-1), ALC es la región más inequitativa en el mundo en cuanto a distribución del ingreso se

refiere; siendo Brasil el país más inequitativo y Uruguay el menos. El reporte indica también que 10% más rico de la población captura alrededor del 48% del ingreso total; en tanto que el 10% más pobre captura solo el 1.6%.

La región es responsable del 4.3% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono. Aun cuando la participación de ALC en la emisiones mundiales es pequeña, un estudio desarrollado por Altomonte et al. (2000), menciona que la región, últimamente, ha presentado una participación mayor que ascendió de 2.6% en 1973 a alrededor del 4% en 1999. Actualmente ALC tiene un nivel de emisiones de dióxido de carbono per cápita de alrededor de 2,4 toneladas/año (UNEP 2006), citado por Saravia (s.f:11).

A continuación se presenta un resumen del estudio<sup>15</sup>, sus resultados y conclusiones; plantea una dependencia de las emisiones agregadas en la distribución de ingreso, así como en el crecimiento económico. De acuerdo a la autora la relación entre, el coeficiente Gini y el deterioro ambiental puede expresarse como sigue:

$$E = f(Y, G, P, Z)$$

donde:                      E = Emisiones per cápita      Y = PIB real per cápita  
G = Coeficiente Gini    P = Población                      Z = Otras

La relación entre estas dos variables podrían tener los siguientes resultados:

---

<sup>15</sup> El estudio se restringe al análisis de dos contaminantes atmosféricos: CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>. La información fue obtenida para una muestra de países de ALC, incluyendo a Perú. Las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron obtenidas para el periodo 1968-2004 y están expresadas en toneladas métricas de carbono per cápita. La fuente de esta información es el Carbon Dioxide Information Center (CDIAC).

$\partial f / \partial Y > 0$  , las emisiones crecen con el nivel de ingreso

$\partial^2 f / \partial Y^2; f''(Y) < 0$  , la propensión marginal a emitir (PME), decrece a medida que el ingreso crece (efecto relativo del ingreso).

La tasa agregada de emisiones decrece a medida que el ingreso medio crece y también que cualquier medida de reducción de la inequidad en la distribución del ingreso, incrementará la tasa agregada de emisiones<sup>16</sup> :

$\partial f / \partial Y > 0$  : denota la relación positiva entre ingreso medio y el nivel de emisiones.

$f''(Y) > 0$  : la PME crece a medida que el ingreso medio crece; entonces, el nivel agregado de emisiones se incrementa a medida que el ingreso medio crece, y que la reducción de la inequidad en la distribución del ingreso, decrecerá el nivel agregado de emisiones<sup>17</sup>.

Considerando el modelo propone dos opciones de análisis econométrico: Cross-Section Weights (CSW) and Seemingly Unrelated Regression (SUR).

$$E = f(Y_{+}Me, G_{-}, P_{?})$$

Basado en las consideraciones previas, la especificación de datos de panel fue analizada según el siguiente modelo econométrico:

<sup>16</sup> Efecto Absoluto del Ingreso: una menor inequidad implica un mayor ingreso per capita, lo cual está directamente correlacionado con el nivel de emisiones, entonces como consecuencia la tasa de emisiones se incrementa.

<sup>17</sup> Efecto Relativo del Ingreso: una mayor inequidad podría drásticamente <sup>17</sup>reducir la disposición a pagar por una mejor calidad ambiental, por lo tanto y como consecuencia la tasa de emisiones se incrementa. En: Saravia op.cit.

$$E_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1i}RGPD_{it} + \beta_{2i}(RGDP_{it})^2 \\ + \beta_{3i}POP_{it} + \beta_{4i}GINI_{it} + \beta_{5i}YEAR_{it} + \varepsilon_{it}$$

donde:

E: nivel de emisiones per cápita (CO<sub>2</sub>PC para CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>PC para SO<sub>2</sub>)

RGDP = PIB per cápita Real POP = Población GINI = Coeficiente Gini

Dado que el objetivo principal...es el de analizar el efecto de la inequidad y la calidad institucional en el nivel de emisiones, CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, dos sub especificaciones del modelo son testeadas, basadas en el modelo ya definido: con y sin inequidad en la distribución del ingreso<sup>18</sup>.

Se establece una relación positiva entre RGDP and CO<sub>2</sub>PC. Esta tendencia cambia a niveles muy elevados de RGDP<sup>19</sup>. Por tanto, aparentemente, la CAK es hallada para las emisiones de CO<sub>2</sub>. En el Gráfico N° 3.9.1, la PME disminuye a medida que el ingreso crece; luego de alcanzar un turning point, TP. La variable inequidad en la distribución del ingreso, GINI, es significativa y plantea una relación indirecta con las emisiones de CO<sub>2</sub>, es decir, que más (menos) inequidad en el ingreso implica menos (más) emisiones de CO<sub>2</sub>.

Así también, en el Gráfico N° 3.9.1.A y Gráfico N° 3.9.1.B, al analizar los TP calculados en cada una de las sub-especificaciones del modelo, para el Modelo 3.9.1.A (con Gini) un TP de 6789 (1990 U\$ dólares) es encontrado. Por otro lado, sin GINI (modelo 3.9.1.B) un TP de alrededor de 5897 (1990 U\$ dólares) fue calculado. Por lo tanto, parece que la consideración de la variable

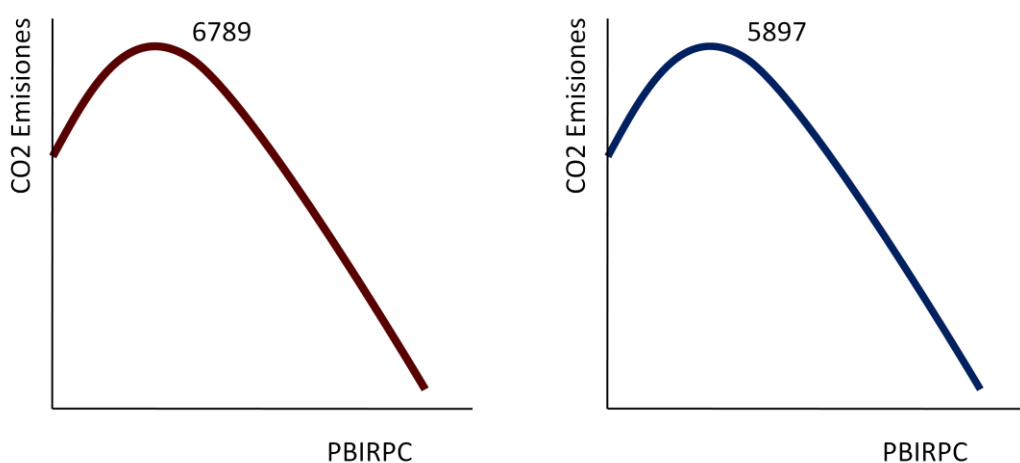
<sup>18</sup> Se corrieron también dos especificaciones: CON y SIN CPI, pero estas fueron desechadas puesto que la variable CPI no resultó ser tan significativa como la variable GINI. En: Saravia op.cit.

<sup>19</sup> Expresado por el signo negativo que precede al estimador del RGDP al cuadrado

inequidad en el ingreso, hace más lejano el tiempo necesario para alcanzar el llamado TP y así empezar con la fase virtuosa de la CAK.

**GRAFICO N° 3.9.1 MODELO DE EMISIONES DE CO2  
CALCULO DEL PUNTO DE INFLEXION -TURNING POINT  
(en dólares norteamericanos)**

**3.9.1.A CON INEQUIDAD EN EL INGRESO    3.9.1.B SIN INEQUIDAD EN EL INGRESO**



Fuente:  
Saravia, A (s.f)

Se destaca la relación significativa y positiva de la población con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la población es una variable que es importante considerar para explicar el deterioro ambiental. Como resultado, una mayor inequidad en la distribución del ingreso es dañina para la calidad ambiental en la región. El modelo predice que es menos probable una mejora ambiental solo con el impulso del crecimiento económico e ignorando la necesidad de contar con instituciones fuertes y transparentes.

Por tanto, estas variables disminuyen el efecto positivo del crecimiento económico en la calidad ambiental por tanto, sería desacertada la priorización

de políticas de crecimiento económico sin la creación e implementación de instituciones fuertes y transparentes, que tengan como objetivo el logro del bienestar común, siendo parte esencial del mismo el derecho al disfrute de un medio ambiente sano para la presente y futuras generaciones.

La validación de la CKA para Colombia, según Correa (2005: 22-5), para el estudio de las variables dependientes CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y variables explicativas: ingreso per cápita, PPP, distribución del ingreso, GINI, tasa alfabetización, libertades políticas, FREEDOM, dada la especificación:

$$CO_2 = \alpha + \underset{+}{\beta_1} PPP + \underset{+}{\beta_2} GINI + \underset{-}{\beta_3} FREEDOM + \varepsilon$$

La ecuación resultante se expresan en:

$$CO_2 = 0.187 + 2.74E-05PPP + 0.0014GINI + 0.0076FREEDOM$$

$$t-S: \quad (1.704) \quad (5.0602) \quad (1.5808) \quad (0.9827)$$

$$\text{Coeficiente de determinación (R}^2\text{)} = 0.79444$$

$$\text{Significancia global (F estadístico)} = 24.4717$$

$$\text{Durbin-Watson stat} = 1.1968$$

Los resultados señalan que, una mayor emisión CO<sub>2</sub> se ve incrementada ante una tendencia positiva del crecimiento económico, a un nivel de significancia del 5%. El nivel de CO<sub>2</sub>, se encuentra en la etapa creciente de la CKA: el crecimiento se traduce en una mayor emisión de CO<sub>2</sub>. Respecto a la variable GINI, plantea una relación directa entre inequidad y los niveles de CO<sub>2</sub>; el modelo predice que es menos probable una mejora ambiental solo con el crecimiento económico sin considerar con instituciones fuertes y transparentes.

### **3.10 Impacto del cambio climático en el crecimiento económico peruano**

Para el caso de la economía peruana, el estudio de Vargas (2009), el cambio climático produciría un calentamiento de la capa superior del océano, lo que podría afectar la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño, FEN. En esta línea, se observa que el FEN está asociado con aumentos de la temperatura superficial promedio del mar por encima de 2°C, mientras que los eventos más severos se asocian a aumentos mayores a 8°C.

Así, se estima, que de duplicar las concentraciones de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, al año 2070, se llegaría a un calentamiento de 3.49°C en el Pacífico Oriental, lo que provocaría un escenario climático similar al de un evento del Fenómeno del Niño de intensidad media.

En el trabajo de Vargas (2009), se cuantificó el impacto económico del cambio climático al aproximar al efecto del cambio climático sobre la economía agregada, evaluando directamente el impacto de las variaciones climáticas, temperatura y precipitaciones, sobre el crecimiento económico; a fin de evitar definir a priori los complejos mecanismos por los que opera el cambio climático, en un contexto en el que aún existe mucha incertidumbre sobre los mismos.

La evidencia empírica proporciona ciertos indicios de una relación inversa entre la variabilidad climática y la producción agregada en las regiones de nuestro país. La medición se basa en el marco teórico propuesto por Dell, et al

(2008)<sup>20</sup>, cuyo modelo propone que las variaciones climáticas afectan la producción agregada mediante dos mecanismos:

- 1) afectando directamente el nivel de la producción o stock; por ejemplo, pérdida de cultivos y daños a la infraestructura;
- 2) e impactando el crecimiento de la productividad:

$$Y_{it} = e^{\beta T_{it}} A_{it} L_{it} \quad (1)$$

$$\Delta A_{it} / A_{it} = g_i + \gamma T_{it} \quad (2)$$

donde:

$Y_{it}$ : producción agregada,  $L$ : población                       $A$ : productividad

$T$ : indicador climático,                       $\beta$ : muestra el efecto de la variable climática respecto  
el nivel de producción                       $\gamma$ : respecto el crecimiento.

Las diferentes especificaciones econométricas utilizadas reportan impactos significativos para todas las variables climáticas consideradas; destacando las siguientes consideraciones:

De acuerdo a los modelos calculados, un aumento de 1°C y 10% de variabilidad en las precipitaciones implicaría que la tasa de crecimiento del PBI per cápita en el 2030, fluctúe entre 0,56 y 0,67 puntos porcentuales por debajo de su nivel potencial. Si hacia el 2050, estos efectos se duplicaran, el impacto

---

<sup>20</sup> Sobre la base de data climática histórica (1950-2003) y de 136 países; los autores encuentran que un aumento de 1°C en la temperatura promedio afecta la tasa de crecimiento de los países pobres en 1.1 puntos porcentuales; mostrando además evidencia de un efecto persistente de la temperatura en el mediano plazo. En: Vargas op.cit.



negativo se incrementaría, llegando a un rango entre 1,15 y 1,33 puntos porcentuales.

Distribuyendo el impacto total sobre el crecimiento potencial en el periodo 2009-2050, se obtiene la trayectoria de crecimiento del nivel de PBI per cápita bajo un escenario con y sin cambio climático. Para el año 2030 bajo un escenario de cambio climático se alcanzaría un nivel de PBI real total entre 5,7 y 6,8% menor al nivel de PBI alcanzado sin cambio climático.

Para el año 2050 la brecha respecto al PBI potencial estaría entre 20,2% y 23,4%. Alternativamente, estas medidas son equivalentes a una pérdida promedio anual de aquí al 2050, entre 7,3% y 8,6% del nivel de PBI potencial de cada año.

El trabajo de Vargas (2009), es alguno de los hechos estilizados relacionados con el cambio climático en el Perú; por tanto, el presente trabajo de investigación, pretende modelar una regresión en los términos propuestos por Kuznets, en términos del producto bruto interno real per cápita y la relación con la calidad ambiental, preferentemente.

La curva de Kuznets ambiental proporciona elementos para este objetivo por lo que es relevante la evidencia empírica internacional de la curva de Kuznets ambiental, sobre todo en ALC, y de sus efectos respecto a la equidad y la institucionalidad; por tanto, es necesario analizar la evidencia empírica para el Perú, tema que se tratará en el capítulo siguiente. El Cuadro N° 3.1, contiene una relación de trabajos según los autores, la especificación de las variables, dependientes e independientes; así como, sus principales conclusiones.

**CUADRO N° 3.1 RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO SEGÚN AUTORES  
ESPECIFICACION Y RESULTADOS DEL MODELO**

AUTOR	VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLES INDEPENDIENTES	RESULTADOS
<b>TORRAS Y BOYCE (1998)</b>	Calidad del aire y agua	Inequidad del ingreso, en países desarrollados y en países en vías de desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los PED, la inequidad del ingreso es una variable significativa y positiva.</li> </ul>
<b>MAGNANI (2000)</b>	Calidad ambiental	Investigación y desarrollo Niveles de protección ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta una brecha importante en la disponibilidad a pagar y la capacidad a pagar por una mejora en la calidad ambiental.</li> </ul>
<b>RAVALLION ET AL (2000)</b>	Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub> , per cápita	PBI real per cápita Equidad en la distribución del ingreso: coeficiente de GINI Población	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover políticas a favor de los más pobres se obtendrían mejores resultados en el largo plazo.</li> </ul>
<b>HEERINK N ET AL (2001)</b>	Deterioro ambiental	Equidad en la distribución del ingreso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una redistribución del ingreso incrementaría la presión en los recursos naturales y dañaría la calidad ambiental en los periodos iniciales.</li> </ul>
<b>BATTARAI &amp; HAMMING (2001)</b>	Desarrollo sostenible	Variables institucionales, para países de América Latina, Africa y Asia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se obtiene un efecto de la calidad institucional en la forma de la CAK para las tres regiones.</li> </ul>
<b>BIMONTE (2002)</b>	Calidad ambiental	Inequidad del ingreso Información Participación de la sociedad civil Número de periódicos vendidos por cada 1000 personas/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El crecimiento del ingreso no es suficiente para lograr una mejor calidad ambiental sino que también se requiere de buenas prácticas de gobierno.</li> </ul>
<b>VARGAS (2009)</b>	Producción agregada	Población Productividad Indicador climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al distribuir el impacto total sobre el crecimiento potencial 2009-2050, se obtiene la trayectoria de crecimiento del PBI per cápita bajo un escenario con y sin cambio climático.</li> <li>• Al 2030, se alcanzaría un PBI real total entre 5,7 y 6,8% menor al nivel de PBI potencial alcanzado sin cambio climático.</li> </ul>
<b>CORREA (2005)</b>	Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>	PBI real per cápita Distribución del ingreso: GINI Tasa de alfabetización Libertades políticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A mayor nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> mayor crecimiento económico. A un nivel de significancia del 5%. Los niveles de CO<sub>2</sub>, en la primera fase: etapa creciente, CKA.</li> <li>• El crecimiento se traduce en mayor nivel de emisiones, entonces, mayor contaminación del aire.</li> </ul>
<b>SARAVIA (2002)</b>	Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub> , per cápita	PBI real per cápita Calidad institucional: distribución del ingreso - GINI. Población	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo desempeño institucional.</li> <li>• Elevada inequidad en la distribución del ingreso.</li> <li>• Las variables tienen el poder de disminuir el efecto positivo del crecimiento económico en la calidad ambiental. Por tanto, el TP es más alejado en el tiempo</li> </ul>

<b>SELDEN Y SONG (1994)</b>	Dióxido de azufre, SO <sub>2</sub> Monóxido de nitrógeno, NO Monóxido de carbono, CO Partículas totales suspendidas, PTS	PBI per cápita Densidad poblacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor atención a la calidad del aire urbano.</li> <li>• Menores costos relativos.</li> <li>• Mayor renta, las industrias salen de las áreas urbanas.</li> <li>• La polución urbana representa el mayor riesgo para la salud humana.</li> <li>• A mayor densidad poblacional, menor emisión de contaminantes.</li> <li>• Puntos umbrales mayores a US\$ 8 000 dólares para SO<sub>2</sub> y SPM; sin embargo, este valor parece no ser sensible al incluir la densidad poblacional como variable regresora.</li> </ul>
<b>GROSSMAN Y KRUEGER (1995)</b>	Dióxido de azufre, SO <sub>2</sub> Partículas totales suspendidas, PTS Humo	Ingreso per cápita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CKA-U invertida para SO<sub>2</sub> y humo.</li> <li>• Punto de quiebre para los tres tipos de contaminantes entre US\$ 10 000 a US\$ 12 000 dólares, al 1% de significancia.</li> </ul>
<b>GONZALEZ Y GARCIA-INES (S.F)</b>	Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub>	Producto nacional neto. Población Porcentaje vehículos con catalizador Impuestos ecológicos/ total Intensidad energética Gasto protección del medio ambiente Proxy: prohibición gasolina con plomo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los resultados muestran que todas las variables, salvo la imposición ecológica relativa, resultan significativas</li> <li>• Las posibles medidas de actuación en el campo energético-ambiental deben de centrarse especialmente en reducir la intensidad energética.</li> </ul>
<b>DURO Y PADILLA (2010)</b>	IDENTIDAD DE KAYA: Emisiones. Población. PBI. Energía. Intensidad energética. Índice de carbonización		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La reducción en la intensidad energética muestra que la mejora de eficiencia es una forma importante en que las emisiones pueden ser controladas.</li> </ul>
<b>ALCANTARA Y PADILLA (2005)</b>	IDENTIDAD DE KAYA: CO <sub>2</sub> . PBI per cápita. Población. Intensidad energética. Índice de carbonización		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La evolución de CO<sub>2</sub> se explica por el crecimiento del PBI per cápita y de la población, en las regiones menos desarrolladas pero compensadas en forma parcial por la fuerte reducción de la intensidad energética que han experimentado algunas economías, como el caso de China.</li> </ul>

Elaboración propia

### 3.11 Conclusiones

1. De la revisión del marco teórico, se aprecia que la preocupación por los problemas ambientales datan desde el siglo XVIII, desde la apreciación de los economistas clásicos y su visión de crecimiento a largo plazo; y cuya consideración actual se enmarca en la primera mitad de la década de 1990,

con los trabajos de Grossman y Krueger (1991) y Selden y Song (1994). Así también, la teoría neoclásica respecto a la contaminación, la teoría sobre crecimiento y medio ambiente y la evidencia empírica presentada pretende reforzar a la presente investigación en cuanto a la aproximación de la economía peruana y la contaminación vía dióxido de carbono, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.

2. De las teorías presentadas se deduce que la estrategia para afrontar la problemática derivada del deterioro ambiental se sustenta en el desarrollo sostenible; la disminución de las emisiones de contaminantes, como el dióxido de carbono, para un país como el nuestro tiene que analizarse en términos del nivel de la actividad económica, en un horizonte temporal, donde su trayectoria incluye aspectos como la utilización de la energía y la población.
3. La evidencia empírica a nivel mundial, el trabajo de Selden y Song (1994), encuentran la curva ambiental de Kuznets, en forma de U invertida, para las emisiones de dióxido de azufre,  $\text{SO}_2$ ; partículas totales en suspensión, PTS; monóxido de nitrógeno,  $\text{NO}$ ; monóxido de carbono,  $\text{CO}$ ; y el producto bruto interno per cápita. Hay un cambio en la tendencia en la relación de la contaminación del aire urbano ante un menor nivel de renta per cápita. A niveles mayores a US\$ 8 000 dólares.
4. A nivel mundial, Grossman y Krueger (1995), el dióxido de azufre,  $\text{SO}_2$  y el humo muestran la curva ambiental de Kuznets, en forma de U invertida; es decir, la contaminación aumenta ante niveles bajos de ingreso, luego se alcanza el punto de quiebre, la contaminación comienza a descender frente a niveles altos de ingreso. Además, incluyendo las partículas totales en suspensión, PTS, los cambios positivos en el ingreso se asocian con bajos

niveles de contaminantes a un nivel de renta entre US\$ 10 000 a US\$ 12 000 dólares.

5. Los estudios de Saravia (s.f) y Correa (2005), encuentran que América Latina está en la etapa creciente de la curva ambiental de Kuznets, CKA: el crecimiento se traduce en mayor emisión de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>. La tendencia cambia a niveles muy altos de renta per cápita. La propensión marginal a emitir disminuye a medida que el ingreso crece, una vez que el turning point, TP, es alcanzado. La variable GINI, plantea una relación directa entre inequidad y los niveles de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>; el modelo predice que es menos probable una mejora ambiental solo con el crecimiento económico sin considerar con instituciones fuertes.
6. En el caso peruano, Vargas (2009), al cuantificar el impacto económico del cambio climático sobre la economía agregada; un aumento de 1°C y 10% de variabilidad en las precipitaciones, la tasa de crecimiento del producto bruto interno per cápita en el 2030, fluctuaría entre 0,56% y 0,67% por debajo del nivel potencial. Si hacia el 2050, estos efectos se duplicaran, el impacto negativo llegaría entre 1,15% y 1,33%. Para el año 2030, bajo un escenario de cambio climático el producto bruto interno real total estaría entre 5,7% y 6,8% menos que el producto bruto interno real sin cambio climático. Para el año 2050, la brecha respecto al producto bruto interno potencial estaría entre 20,2% y 23,4%. Estas medidas son equivalentes a una pérdida promedio anual hasta el año 2050, entre 7,3% y 8,6% del producto bruto interno potencial anual.
7. La eficiencia energética en términos de la provisión de bienes y servicios, en especial, el de transportes y la actividad sectorial productiva del país explica como determinante del impacto ambiental y su relación con la población, la tecnología y el producto bruto interno, dado que la actividad económica se

especializa en sectores económicos con relativa intensidad en la utilización de energía y cuyos cambios en su composición explican la emisión de dióxido de carbono per cápita en el periodo de análisis; así también, el control de la contaminación se explica con la utilización de energías renovables.

8. La dinámica de las exportaciones por bienes industriales como componente de las exportaciones y de la demanda final en el producto bruto interno impacta en la economía peruana y permite observar el patrón de comportamiento de la estructura productiva del país. Es decir, si la estrategia de desarrollo basado en la evolución de las exportaciones industriales se relaciona en forma directa con los cambios de la actividad económica del país dada las condiciones de los mercados en el contexto mundial y poder examinar la contribución con la emisión del dióxido de carbono.

## **CAPITULO 4**

### **EVIDENCIA EMPIRICA PARA LA ECONOMIA PERUANA**

El capítulo presenta el análisis de tres modelos econométricos, que pretenden explicar cuáles son los principales determinantes de las emisiones de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>. En primer lugar, se realiza un análisis de correlación de acuerdo a las variables consideradas en cada uno de los modelos. Las correlaciones se determinan para las variables en niveles, en logaritmos y en tasas de crecimiento.

El trabajo de investigación, según los modelos estimados, dadas sus condiciones, en niveles, logaritmos y tasas de crecimiento, para la variable dependiente, dióxido de carbono, se sustenta en Correa (2005), Saravia (2002), en niveles de emisiones per cápita.

De las variables explicativas, el producto bruto interno real per cápita, según Correa (2005), Saravia (2002), Selden y Song (1994) y, Grossman y Krueger (1995). De la variable, producto bruto interno real per cápita al cuadrado, según Saravia (2002).

De la variable exportaciones industriales reales, como una aproximación de las exportaciones, según lo citado por Gómez (2000), en términos de la intensidad de las exportaciones primarias; Gonzáles (2006) en términos de la intensidad de las exportaciones de recursos naturales. Para el presente proyecto de investigación, se pretende analizar la dinámica de las exportaciones de bienes industriales como componente de la demanda final y

su relativa importancia en la estructura productiva de la economía peruana y su relación con los niveles de emisión de dióxido de carbono

De la intensidad energética, González (s.f) considera que debe incorporarse como variable estratégica en el diseño de cualquier política que tenga como objetivo sea la reducción de gases de efecto invernadero y especialmente de CO<sub>2</sub>.

Para propósito del trabajo de investigación, se considera que la participación de las exportaciones industriales reales y la intensidad energética, son útiles para la deducción de implicancias de políticas públicas.

#### **4.1 Análisis de correlación**

El análisis de correlación mide el grado de relación entre dos variables, aplicadas a las variables CO<sub>2</sub>, YR, YR<sub>2</sub>, XIR, y MAT de acuerdo a los modelos bajo análisis.

En los Cuadros N° 4.1.1.1, N° 4.1.1.2 y N° 4.1.1.3, se presentan los coeficientes de correlación de las variables en niveles, en logaritmos y, en tasas de crecimiento, del modelo N°1. De los cuadros se aprecia que hay una relación directa entre las variables de análisis.

En los Cuadros N° 4.1.2.1, N° 4.1.2.2 y N° 4.1.2.3, se presentan los coeficientes de correlación de las variables en niveles. En tasas de crecimiento y en logaritmos, del modelo N°2. De los cuadros se observa que, hay una relación directa entre las variables. Sin embargo, de la correlación de las variables en logaritmos, es negativa entre CO<sub>2</sub>LG y XILG.



En los Cuadros N° 4.1.3.1, N° 4.1.3.2 y N° 4.1.3.3, se presentan los coeficientes de correlación de las variables en niveles, en tasas de crecimiento y en logaritmos, del modelo N°3. De los cuadros se deduce una correlación negativa entre la variable MAT y las variables CO2, YR, YR2, XI, expresadas en niveles, en logaritmos, y en tasas de crecimiento.

#### 4.1.1 Modelo N°1

La especificación del Modelo N° 1, se presenta en la ecuación N°1:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + e \quad (1) \quad \text{Donde:}$$

**CO<sub>2</sub>**: es el nivel de emisiones per cápita medido en toneladas métricas por habitante.

**YR**: es el nivel de ingresos real per cápita, medido en dólares del año 2005

**YR<sup>2</sup>**: representa la variable ingreso real per cápita al cuadrado.

**CUADRO N° 4.1.1.1  
MATRIZ DE CORRELACIÓN  
DE LAS VARIABLES EN NIVELES**

	YR	CO2	YR2
YR	1.000000	0.861061*	0.994111*
CO2	0.861061	1.000000	0.850038
YR2	0.994111	0.850038*	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

**CUADRO N° 4.1.1.2  
MATRIZ DE CORRELACIÓN  
DE LAS VARIABLES EN LOGARITMOS**

	YR2LG	YRLG	CO2LG
YR2LG	1.000000	1.000000	0.853484*
YRLG	1.000000	1.000000	0.853484
CO2LG	0.853484	0.853484*	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

**CUADRO N° 4.1.1.3**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN**  
**DE LAS VARIABLES EN TASAS DE CRECIMIENTO**

	YR2VP	YRVP	CO2VP
YR2VP	1.000000	0.999176*	0.592264*
YRVP	0.999176	1.000000	0.595983
CO2VP	0.592264	0.595983*	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado

Elaboración propia

Según los cuadros anteriores, los coeficientes de correlación más altos se observan cuando las variables están expresadas en niveles y logaritmos.

#### 4.1.2. Modelo N°2

La especificación del Modelo N°2, se presenta en la ecuación N°2:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + \beta_3 XI + e \quad (2) \quad \text{Donde:}$$

**CO<sub>2</sub>**: nivel de emisiones per cápita, en toneladas métricas por habitante.

**YR**: es el nivel de ingresos real per cápita, en dólares del año 2005

**YR<sup>2</sup>**: representa la variable ingreso real per cápita al cuadrado.

**XIR**: representa las exportaciones industriales reales, en millones de dólares FOB.

**CUADRO N° 4.1.2.1**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES EN NIVELES**

	CO2	YR	YR2	XIR
CO2	1.000000	0.861061*	0.850038	0.379724*
YR	0.861061	1.000000	0.994111	0.658161*
YR2	0.850038	0.994111*	1.000000	0.696499
XIR	0.379724	0.658161	0.696499	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado

Elaboración propia

**CUADRO N° 4.1.2.2**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES EN LOGARITMOS**

	CO2LG	YRLG	YR2LG	XIRLG
CO2LG	1.000000	0.853484	0.853484	0.177579
YRLG	0.853484*	1.000000	1.000000	0.454929
YR2LG	0.853484*	1.000000	1.000000	0.454929
XIRLG	0.177579	0.454929*	0.454929*	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

**CUADRO N° 4.1.2.3**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN**  
**DE LAS VARIABLES EN TASAS DE CRECIMIENTO**

	CO2VP	YRVP	YR2VP	XIRVP
CO2VP	1.000000	0.595983*	0.592264	0.187304
YRVP	0.595983	1.000000	0.999176*	0.310173
YR2VP	0.592264	0.999176	1.000000	0.316261*
XIRVP	0.187304	0.310173*	0.316261	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

Según los cuadros anteriores, los coeficientes de correlación más altos se aprecian cuando las variables están expresadas en niveles.

#### 4.1.3 Modelo N°3

La especificación del Modelo N°3, se presenta en la ecuación N°3:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + \beta_3 XI + \beta_4 MAT + e \quad (3) \quad \text{Donde:}$$

**CO<sub>2</sub>**: emisiones per cápita medido en toneladas métricas

**YR**: ingresos real per cápita, medido en dólares del año 2005

**YR<sup>2</sup>**: ingreso real per cápita al cuadrado

**XIR**: exportaciones industriales reales medido en millones de dólares FOB

**MAT**: intensidad energética medida en tera joules/ dólar

**CUADRO N° 4.1.3.1**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES EN NIVELES**

	CO2	YR	YR2	XIR	MAT
CO2	1.000000	0.861061*	0.850038	0.379724*	-0.119940
YR	0.861061	1.000000	0.994111*	0.658161*	-0.519356*
YR2	0.850038	0.994111	1.000000	0.696499	-0.544307
XIR	0.379724	0.658161	0.696499*	1.000000	-0.856788*
MAT	-0.11994	-0.519356	-0.544307*	-0.856788	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

**CUADRO N° 4.1.3.2**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES EN LOGARITMOS**

	CO2LG	YRLG	YR2LG	XIRLG	MATLG
CO2LG	1.000000	0.853484	0.853484	0.177579	-0.141169
YRLG	0.853484*	1.000000	1.000000	0.454929	-0.526618
YR2LG	0.853484	1.000000	1.000000	0.454929	-0.526618
XIRLG	0.177579	0.454929*	0.454929*	1.000000	-0.861174
MATLG	-0.141169	-0.526618*	-0.526618*	-0.861174*	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

**CUADRO N° 4.1.3.3**  
**MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES EN TASAS DE CRECIMIENTO**

	CO2VP	YRVP	YR2VP	XIRVP	MATVP
CO2VP	1.000000	0.595983	0.592264	0.187304	-0.306732
YRVP	0.595983*	1.000000	0.999176	0.310173	-0.611983
YR2VP	0.592264	0.999176*	1.000000	0.316261	-0.613695
XIRVP	0.187304	0.310173*	0.316261*	1.000000	-0.037828
MATVP	-0.306732*	-0.611983*	-0.613695*	-0.037828	1.000000

\* Estadísticamente significativo al 5%, signo esperado  
Elaboración propia

Así también, de los cuadros anteriores, los coeficientes de correlación más altos se deducen cuando las variables están expresadas en niveles. Según la especificación del modelo, el signo (\*) apoya las hipótesis del presente trabajo de investigación.

## 4.2 Análisis de causalidad

El análisis de causalidad permite determinar si de acuerdo a los datos de las series estadísticas, existe una variable cuyos cambios en el tiempo anteceden a los cambios en otra variable. En los siguientes cuadros se observan los resultados obtenidos al aplicar el test de causalidad de Granger de cada una de las variables explicativas con la variable explicada, en niveles, en logaritmos y en tasas de crecimiento. El análisis se realizará con un nivel de significancia de 10%.

### 4.2.1. Causalidad: dióxido de carbono y renta, en términos per cápita

CUADRO N°4.2.1.1 TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER PARA LAS VARIABLES CO2 - YR				
Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
YR Fracasa la causalidad de Granger CO2	0.0052* Rechazo $H_0$	0.0372* Rechazo $H_0$	0.0756* Rechazo $H_0$	0.1520 Acepto $H_0$
CO2 Fracasa la causalidad de Granger YR	0.8503 Acepto $H_0$	0.7298 Acepto $H_0$	0.9220 Acepto $H_0$	0.5538 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula

Elaboración propia

El Cuadro N° 4.2.1.1., permite concluir que se debe rechazar la hipótesis nula, es decir los cambios en el PBI per cápita preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita, considerando una probabilidad de hasta 6 rezagos. La variable CO2 per cápita no precede a la variable PBI per cápita, según los datos de las series de estudio.

**CUADRO N°4.2.1.2**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 - YR EN LOGARITMOS**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>YR Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0107* Rechazo $H_0$	0.0534* Rechazo $H_0$	0.1040 Acepto $H_0$	0.1680 Acepto $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger YR</b>	0.9286 Acepto $H_0$	0.8762 Acepto $H_0$	0.9550 Acepto $H_0$	0.5467 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia

Del Cuadro N° 4.2.1.2, se aprecia que, debe rechazarse la hipótesis nula; es decir, que los cambios en el logaritmo del PBI per cápita preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en logaritmo, hasta el rezago 4. La variable CO2 per cápita en logaritmos tampoco precede al logaritmo del PBI per cápita, según la información analizada.

**CUADRO N°4.2.1.3**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 - YR EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>YR Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0205* Rechazo $H_0$	0.1231 Acepta $H_0$	0.2173 Acepto $H_0$	0.4928 Acepto $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger YR</b>	0.5148 Acepto $H_0$	0.7719 Acepto $H_0$	0.6756 Acepto $H_0$	0.2890 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia

En el Cuadro N° 4.2.1.3, se observa que debe rechazarse la hipótesis nula, es decir los cambios en la tasa de crecimiento del PBI per cápita preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en tasas de crecimiento, hasta por 2 rezagos. La variable CO2 per cápita en tasas de crecimiento tampoco precede a las tasas de crecimiento del PBI per cápita.

#### 4.2.2. Causalidad: dióxido de carbono y renta; per cápita, al cuadrado

**CUADRO N°4.2.2.1**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 - YR AL CUADRADO**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>YR<sup>2</sup> Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0035* Rechazo H <sub>0</sub>	0.0206* Rechazo H <sub>0</sub>	0.0480* Rechazo H <sub>0</sub>	0.1220 Acepto H <sub>0</sub>
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger YR<sup>2</sup></b>	0.6083 Acepto H <sub>0</sub>	0.4474 Acepto H <sub>0</sub>	0.7244 Acepto H <sub>0</sub>	0.5345 Acepto H <sub>0</sub>

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
Elaboración propia

El Cuadro N° 4.2.2.1, permite concluir el rechazo de la hipótesis nula; es decir, que los cambios en el PBI per cápita al cuadrado preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita, considerando hasta 6 rezagos. Y, que la variable CO2 per cápita no precede a la variable PBI per cápita al cuadrado, según los datos de las series estadísticas del presente trabajo de investigación.

Del Cuadro N° 4.2.2.2, se concluye el rechazo de la hipótesis nula; es decir, que los cambios en el logaritmo del PBI per cápita al cuadrado si preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en logaritmo, hasta el cuarto rezago. La variable CO2 per cápita en logaritmos tampoco precede al logaritmo del PBI per cápita al cuadrado, según la información pertinente.

**CUADRO N°4.2.2.2**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 - YR AL CUADRADO EN LOGARITMOS**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>YR<sup>2</sup> Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0107* Rechazo H <sub>0</sub>	0.0534* Rechazo H <sub>0</sub>	0.1040 Acepto H <sub>0</sub>	0.1680 Acepto H <sub>0</sub>
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger YR<sup>2</sup></b>	0.9286 Acepto H <sub>0</sub>	0.8762 Acepto H <sub>0</sub>	0.9550 Acepto H <sub>0</sub>	0.5467 Acepto H <sub>0</sub>

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia

En el Cuadro N° 4.2.2.3, se aprecia que, debe rechazarse la hipótesis nula, es decir los cambios en las tasas de crecimiento del PBI per cápita al cuadrado preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en tasas de crecimiento, hasta en el segundo rezago.

**CUADRO N°4.2.2.3**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 - YR AL CUADRADO EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>YR<sup>2</sup> Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0221* Rechazo H <sub>0</sub>	0.1244 Acepta H <sub>0</sub>	0.2086 Acepto H <sub>0</sub>	0.4751 Acepto H <sub>0</sub>
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger YR<sup>2</sup></b>	0.5144 Acepto H <sub>0</sub>	0.7732 Acepto H <sub>0</sub>	0.6405 Acepto H <sub>0</sub>	0.2512 Acepto H <sub>0</sub>

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia



### 4.2.3. Causalidad: dióxido de carbono per cápita – exportaciones industriales reales

El Cuadro N° 4.2.3.1, señala que debe rechazar la hipótesis nula con 2 y 8 rezagos; es decir, que los cambios en las exportaciones industriales preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita, la probabilidad de aceptación ocurre en el cuarto y sexto rezago. Por su parte la variable CO2 per cápita no precede a las exportaciones industriales reales, según los datos de las series de estudio.

**CUADRO N°4.2.3.1**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**CO2 Y EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>XIR Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0673* Rechazo $H_0$	0.2243 Acepto $H_0$	0.1738 Acepto $H_0$	0.0265* Rechazo $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger XIR</b>	0.3192 Acepto $H_0$	0.4330 Acepto $H_0$	0.7089 Acepto $H_0$	0.7618 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
Elaboración propia

**CUADRO N°4.2.3.2**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 PC Y EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES EN LOGARITMOS**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>XIR Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.1746 Acepto $H_0$	0.4679 Acepto $H_0$	0.2503 Acepto $H_0$	0.1045 Acepto $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger XIR</b>	0.4399 Acepto $H_0$	0.7606 Acepto $H_0$	0.8836 Acepto $H_0$	0.8976 Acepto $H_0$

Elaboración propia

Del Cuadro N° 4.2.3.2, se aprecia que debe aceptarse la hipótesis nula, es decir los cambios en el logaritmo de las exportaciones industriales no preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en logaritmo. La variable CO2 per cápita en logaritmos por su parte tampoco precede al logaritmo de las exportaciones industriales, según la información analizada.

**CUADRO N°4.2.3.3**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER VARIABLES CO2 Y**  
**EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>XIR Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.4438 Acepto $H_0$	0.6843 Acepto $H_0$	0.6564 Acepto $H_0$	0.0828* Rechazo $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger XIR</b>	0.8527 Acepto $H_0$	0.9125 Acepto $H_0$	0.6760 Acepto $H_0$	0.5390 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
Elaboración propia

El Cuadro N° 4.2.3.3, indica que debe aceptarse la hipótesis nula, es decir los cambios en las tasas de crecimiento de las exportaciones industriales no preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en tasas de crecimiento. La variable CO2 per cápita en tasas de crecimiento tampoco precede a las variaciones porcentuales de las exportaciones industriales.

#### **4.2.4. Causalidad: dióxido de carbono per cápita - intensidad energética**

El Cuadro N° 4.2.4.1, señala que debe rechazarse la hipótesis nula; es decir, que los cambios en la intensidad energética preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita, hasta en cuatro rezagos; sin embargo, la variable CO2 per cápita no precede a la intensidad energética.

**CUADRO N°4.2.4.1**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 E INTENSIDAD ENERGÉTICA**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>MAT Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0921* Rechazo $H_0$	0.0992* Rechazo $H_0$	0.2200 Acepto $H_0$	0.3174 Acepto $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger MAT</b>	0.2578 Acepto $H_0$	0.3939 Acepto $H_0$	0.8252 Acepto $H_0$	0.6292 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia

**CUADRO N°4.2.4.2**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 E INTENSIDAD ENERGETICA EN LOGARITMOS**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>MAT Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.1336 Acepto $H_0$	0.0877* Rechazo $H_0$	0.1935 Acepto $H_0$	0.2423 Acepto $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger MAT</b>	0.2214 Acepto $H_0$	0.3435 Acepto $H_0$	0.7411 Acepto $H_0$	0.6303 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia

El Cuadro N° 4.2.4.2, permite inducir que se debe aceptar la hipótesis nula, es decir los cambios en el logaritmo de la intensidad energética no preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en logaritmo; sin embargo, en el cuarto rezago, se observa el rechazo de la hipótesis nula. La variable CO2 per cápita en logaritmos tampoco precede al logaritmo de la intensidad energética.

**CUADRO N°4.2.4.3**  
**TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER**  
**VARIABLES CO2 E INTENSIDAD ENERGETICA EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Rezago→	2	4	6	8
Hipótesis nulas	PROBABILIDADES			
<b>MAT Fracasa la causalidad de Granger CO2</b>	0.0493* Rechazo $H_0$	0.2488 Acepto $H_0$	0.2503 Acepto $H_0$	0.3589 Acepto $H_0$
<b>CO2 Fracasa la causalidad de Granger MAT</b>	0.1558 Acepto $H_0$	0.5700 Acepto $H_0$	0.9005 Acepto $H_0$	0.3818 Acepto $H_0$

\* A un nivel de significancia del 10%: rechazo de la hipótesis nula  
 Elaboración propia

El Cuadro N° 4.2.4.3, permite concluir que se debe rechazar la hipótesis nula, es decir los cambios en las tasas de crecimiento de la intensidad energética preceden en el tiempo a la variable CO2 per cápita en tasas de crecimiento, hasta el segundo rezago.

### 4.3 Análisis de cointegración

El análisis de cointegración permite determinar si existe relación de largo plazo entre la variable dependiente y las variables explicativas, y evitar la ejecución de una regresión espuria. Para realizar el análisis de cointegración se utilizó el método de Engle y Granger, este método consiste en determinar si las variables bajo análisis tienen el mismo orden de integración, para luego verificar que los residuos obtenidos en la regresión<sup>21</sup> sean estacionarios o mejor dicho que su orden de integración sea cero:  $I(0)$ .

Las variables se analizan en niveles, y se determina si son estacionarias, caso contrario se tomará a la variable en diferencias, para verificar si de esa manera son estacionarias. La estacionariedad se verifica por medio de los test

<sup>21</sup> En este caso en casa uno de los tres modelos considerados

de raíz unitaria, si la serie presenta una raíz unitaria, implicaría que la serie es no estacionaria, para el caso de este trabajo se han elegido, por su robustez, dos test: Dickey Fuller Aumentado y Phillips Perron.

A pesar de que los tres modelos son diferentes ya que se agrega una variable diferente de uno a otro modelo, es posible hacer un análisis de estacionariedad<sup>22</sup> de todas las variables y luego verificar los residuos de cada una de las regresiones.

Luego de evaluar la cointegración de las variables mediante el método de Engle y Granger, se utilizó el test de Cointegración de Johansen, este método se basa en los modelos VAR, vectores auto regresivos, para determinar la existencia de múltiples vectores de cointegración entre las variables mediante la prueba de Traza y de Máximos Valores Propios (Mata HL 2004).

Este método presenta una ventaja principal frente al método previo, y es que no necesita hacer una especificación a priori sobre el modelo a usar, y la variable dependiente, sino que comprueba la existencia de más de una ecuación cointegrante si es que fuera el caso.

#### **4.3.1 Método de Engle y Granger**

El primer paso es determinar si existe quiebre estructural en cada variable, para verificar que las variables no cambian en tendencia ni en media a lo largo de todo el periodo. La verificación de existencia de quiebre estructural se realiza a través del test de Zivot para evitar la aceptación de estacionariedad ante la presencia de quiebre estructural, ya que los test de Dickey Fuller y Phillips Perron son débiles ante la presencia de quiebre estructural.

---

<sup>22</sup> De acuerdo a la metodología de Engle y Granger

Las verificaciones son gráficas, existiendo quiebre ante la existencia de una intercepción con el valor crítico con la gráfica de tendencia o media del test de Zivot. Así se aprecia que para cada una de las variables el resultado respecto al dióxido de carbono per cápita, CO2, producto bruto interno per cápita, YR, producto bruto interno per cápita al cuadrado, YR2, la intensidad energética, MAT, y las exportaciones industriales reales, XIR, no presentan quiebre estructural.

Luego, se procede a determinar si cada una de las variables tiene tendencia e intercepto y realizar los test de raíz unitaria. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 4.3.1.1 y en el Cuadro N° 4.3.1.2, en el que se reflejan a las variables en niveles, logaritmos y tasas de crecimiento; los criterios considerados son la tendencia e intercepto.

<b>CUADRO N° 4.3.1.1</b>			
<b>EVALUACIÓN DE TENDENCIA E INTERCEPTO: VARIABLES DEL MODELO</b>			
<b>Variable</b>	<b>Condición</b>	<b>Criterio</b>	
		<b>Tendencia</b>	<b>Intercepto</b>
<b>CO2</b>	Niveles	No	Si
	Logaritmos	No	Si
	Tasas de crecimiento	No	No
<b>YR</b>	Niveles	Si	Si
	Logaritmos	Si	Si
	Tasas de crecimiento	No	No
<b>YR2</b>	Niveles	Si	Si
	Logaritmos	Si	Si
	Tasas de crecimiento	No	No
<b>XIR</b>	Niveles	Si	Si
	Logaritmos	Si	Si
	Tasas de crecimiento	No	No
<b>MAT</b>	Niveles	Si	Si
	Logaritmos	Si	Si
	Tasas de crecimiento	No	No

Elaboración propia

Luego de haber determinado la presencia de tendencia e intercepto en cada una de las variables, se aprecia en el resultado de los test de raíz unitaria

para cada una de las variables. El análisis se realiza primero en niveles, y en el caso de que la serie resulte ser no estacionaria, se diferencia una vez, y se repite el análisis hasta determinar el orden de integración, luego este mismo procedimiento se realiza para la variable en logaritmos y la variable en tasas de crecimiento.

Los test de Dickey Fuller Aumentado y Phillips Perron comprueban la hipótesis nula de la existencia de raíz unitaria, en el caso de que la hipótesis nula se acepte, señala que la serie es no estacionaria.

**CUADRO N° 4.3.1.2**  
**EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE RAÍZ UNITARIA**  
**VARIABLES DEL MODELO**

Variable	Condición	Presencia de Raíz Unitaria		Conclusión
		Dickey Fuller Aumentado	Phillips Perron	
CO2	Niveles	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Logaritmos	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia log.	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Tasas de crecimiento	No	No	<i>Estacionaria</i>
YR	Niveles	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Logaritmos	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia log.	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Tasas de crecimiento	No	No	<i>Estacionaria</i>
YR2	Niveles	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Logaritmos	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia log.	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Tasas de crecimiento	No	No	<i>Estacionaria</i>
XIR	Niveles	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Logaritmos	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia log.	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Tasas de crecimiento	No	No	<i>Estacionaria</i>
MAT	Niveles	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Logaritmos	Si	Si	No estacionaria
	I diferencia log.	No	No	<i>Estacionaria</i>
	Tasas de crecimiento	No	No	<i>Estacionaria</i>

Elaboración propia

El Cuadro N°4.3.1.2, muestra que todas las variables son integradas de primer orden, siempre que estén en niveles y logaritmos. En el caso de las variables expresadas en tasas de crecimiento, éstas se encuentran integradas en orden cero. En ese sentido, permite determinar el orden de integración de cada una de las variables consideradas en el modelo, como objetivo en esta parte del análisis.

El orden de integración de las series, presentado en el Cuadro N° 4.3.1.3, permitirá luego verificar si las series cointegran y si es posible llevar a cabo una regresión no espuria. Las variables en niveles, tienen el mismo orden de integración:  $I(1)$ ; al igual que las variables en logaritmos:  $I(1)$ ; y las variables en tasas de crecimiento:  $I(0)$ ; es decir, es posible llevar a cabo diferentes estimaciones siempre que los residuos sean estacionarios en niveles, sin correr el riesgo de que las regresiones sean espurias.

CUADRO N° 4.3.1.3		
ORDEN DE INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS MODELOS		
Variable	Condición	Orden de Integración
CO2	Niveles	$\sim I(1)$
	Logaritmos	$\sim I(1)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$
YR	Niveles	$\sim I(1)$
	Logaritmos	$\sim I(1)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$
YR2	Niveles	$\sim I(1)$
	Logaritmos	$\sim I(1)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$
XIR	Niveles	$\sim I(1)$
	Logaritmos	$\sim I(1)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$
MAT	Niveles	$\sim I(1)$
	Logaritmos	$\sim I(1)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$

Elaboración propia



Antes de presentar las diferentes estimaciones, es preciso mencionar que, aquellos modelos expresados en logaritmos, la variable YR2 se convierte en una combinación lineal de la variable YR, lo que generaría un problema de multicolinealidad exacta, haciendo imposible la estimación, a saber:

$$\text{Log}(\text{CO}_2) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(\text{YR}) + \beta_2 \text{Log}(\text{YR}^2) + e \quad (*)$$

Resolviendo la expresión:

$$\text{Log}(\text{CO}_2) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(\text{YR}) + \beta_2 2 \text{Log}(\text{YR}) + e \quad (**)$$

La expresión (\*\*) muestra claramente el problema de multicolinealidad exacta, pues  $2\text{Log}(\text{YR})$ , es una combinación lineal de  $\text{Log}(\text{YR})$ . La solución que se plantea es permitir la convivencia con la multicolinealidad, u obviar la variable YR2, solo para estimaciones en logaritmos:

$$\text{Modelo N}^\circ 1: \text{CO}_2 = \beta_0 + \beta_1 \text{YR} + \beta_2 \text{YR}^2 + e \quad (1)$$

#### Estimación en niveles

$$\text{CO}_2 = -0.10771 + 0.00020 \cdot \text{YR} - 1.33016 \times 10^{-8} \cdot \text{YR}^2$$

$$\text{EE:} \quad (0.1575) \quad (0.00011) \quad (1.99 \times 10^{-8})$$

$$\text{t-S:} \quad (-0.6837) \quad (1.8036) \quad (-0.6696)$$

$$\text{Coeficiente de determinación } (R^2) = 0.7444$$

$$\text{Significancia global (F estadístico)} = 55.347$$

#### Estimación en logaritmos

$$\text{LOG}(\text{CO}_2) = -9.20408 + 1.02841 \cdot \text{LOG}(\text{YR})$$

$$\text{EE:} \quad (0.7914) \quad (0.1005)$$

$$\text{t-S:} \quad (-11.628) \quad (10.2280)$$

$$\text{Coeficiente de determinación } (R^2) = 0.7284$$

$$\text{Significancia global (F estadístico)} = 104.6120$$

### Estimación en tasas de crecimiento

$$\text{CO2VP} = 0.41329 + 3.90916 \cdot \text{YRVP} - 1.52198 \cdot \text{YR2VP}$$

EE: (1.4045) (4.9540) (2.5136)

t-S: (0.2942) (0.7890) (-0.6054)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.3615

Significancia global (F estadístico) = 10.4751

$$\text{Modelo N}^\circ 2: \text{CO}_2 = \beta_0 + \beta_1 \text{YR} + \beta_2 \text{YR}^2 + \beta_3 \text{XIR} + e \quad (2)$$

### Estimación en niveles

$$\text{CO2} = 0.11764 + 3.00237\text{e-}05 \cdot \text{YR} + 2.43384\text{e-}08 \cdot \text{YR}^2 - 1.64276\text{e-}05 \cdot \text{XIR}$$

EE: (0.1511) (0.000109) (2.03E-08) (4.57E-06)

t-S: (0.7785) (0.2744) (1.2016) (-3.5917)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.8105

Significancia global (F estadístico) = 52.7532

### Estimación en logaritmos

$$\text{LOG}(\text{CO2}) = -9.72515 + 1.17405 \cdot \text{LOG}(\text{YR}) - 0.08279 \cdot \text{LOG}(\text{XIR})$$

EE: (0.7334) (0.1019) (0.02635)

t-S: (-13.2598) (11.5197) (-3.1411)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.7844

Significancia global (F estadístico) = 69.1313

### Estimación en tasas de crecimiento

$$\text{CO2VP} = 0.40564 + 4.000836 \cdot \text{YRVP} - 1.57261 \cdot \text{YR2VP} + 0.00625 \cdot \text{XIRVP}$$

EE: (1.4250) (5.0799) (2.5829) (0.05244)

t-S: (0.2846) (0.7876) (-0.6088) (0.1192)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.3618

Significancia global (F estadístico) = 6.8021

**Modelo N°3:  $CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + \beta_3 XIR + \beta_4 MAT + e$  (3)**

**Estimación en niveles**

$CO_2 = -0.2898 + 0.000123*YR + 5.68e-09*YR^2 + 7.87e-06*XIR + 0.0587*MAT$

EE: (0.1343) (8.31E-05) (1.54E-08) (5.55E-06) (0.0106)

t-S: (-2.15735) (1.4803) (0.3676) (1.4189) (5.5495)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.8978

Significancia global (F estadístico) = 79.1267

**Estimación en logaritmos**

$LOG(CO_2) = -12.8049 + 1.2986*LOG(YR) + 0.0657*LOG(XIR) + 0.69945*LOG(MAT)$

EE: (0.8415) (0.08355) (0.03614) (0.1398)

t-S: (-15.2163) (15.5424) (1.8181) (5.0045)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.8714

Significancia global (F estadístico) = 83.5990

**Estimación en tasas de crecimiento**

$CO_2VP = 0.51356 + 3.8196*YRVP - 1.436*YR^2VP - 0.00046*XIRVP + 0.18229*MATVP$

EE: (1.4569) (5.1475) (2.6253) (0.05430) (0.3709)

t-S: (0.3524) (0.7420) (-0.5470) (-0.0085) (0.4915)

Coeficiente de determinación ( $R^2$ )= 0.3662

Significancia global (F estadístico) = 5.0545

En el Cuadro N° 4.3.1.4, se observa el orden de integración de los residuos generados de cada uno de los modelos. Los residuos de los modelos son estacionarios en niveles, por lo que no existe riesgo de que las regresiones sean espurias, y en el caso de aquellos modelos cuyo ajuste es adecuado, se puede decir que se establece una relación de largo plazo entre las variables.

**CUADRO N° 4.3.1.4**  
**ORDEN DE INTEGRACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS**

Modelo	Condición	Orden de Integración de los residuos
<b>Modelo 1</b>	Niveles	$\sim I(0)$
	Logaritmos	$\sim I(0)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$
<b>Modelo 2</b>	Niveles	$\sim I(0)$
	Logaritmos	$\sim I(0)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$
<b>Modelo 3</b>	Niveles	$\sim I(0)$
	Logaritmos	$\sim I(0)$
	Tasas de crecimiento	$\sim I(0)$

Elaboración propia

#### 4.3.2 Método de Johansen

La prueba requiere hacer algún supuesto relacionado con la tendencia que subyace en los datos estadísticos, los cuales se presentan a continuación:

**CUADRO 4.3.2.1**  
**OPCIONES DE TENDENCIA PARA LA COINTEGRACIÓN POR EL MÉTODO DE JOHANSEN**

	CE	VAR
<b>No tendencia determinística en los datos</b>		
1	No intercepto o tendencia	No intercepto o tendencia
2	Intercepto no tendencia	No intercepto
<b>Tendencia determinística lineal en los datos</b>		
3	Intercepto no tendencia	Intercepto no tendencia
4	Intercepto y tendencia	No tendencia
<b>Tendencia determinística cuadrática de los datos</b>		
5	Intercepto y tendencia	Tendencia lineal
6	<b>Resumen de los 5 conjuntos de supuestos</b>	

Fuente: Mata 2004

Dado que no se tiene certeza con respecto a cuál opción usar, se procede seleccionar la opción 6, la cual les indicará el número de relaciones de cointegración en cada una de las 5 opciones de tendencia.

**CUADRO 4.3.2.2**  
**RELACIONES DE COINTEGRACIÓN SEGÚN OPCIONES DE TENDENCIA**

Data Trend: Test Type	None No Intercept No Trend	None Intercept No Trend	Linear Intercept No Trend	Linear Intercept Trend	Quadratic Intercept Trend
Trace	1	1	1	1	1
Max-Eig	1	1	1	1	1

\*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro N° 4.3.2.2, no importa cuál es el supuesto considerado sobre las opciones de tendencia, pues en todos los casos existen al menos una ecuación cointegrante por cualquiera de los test: Traza o Máximos Valores Propios. Esto permite concluir que mediante el test de Johansen se ha encontrado que las variables cointegran al igual que en el caso del test de Engle y Granger.

#### **4.4 Análisis de regresión: estimación y evaluación**

Luego de realizar el análisis de cointegración mediante el método de Engle y Granger, en el Cuadro N° 4.4.1, se presenta el resumen de los signos, coeficientes y “t” estadísticos de cada uno de las nueve estimaciones, con la finalidad de realizar la evaluación económica y estadística, y de esta manera determinar cuál de los modelos tiene mejor ajuste de acuerdo a estos dos criterios.

**CUADRO N° 4.4.1**  
**RESUMEN DE LAS ESTIMACIONES DE LOS MODELOS**

MODELO	CONDICIÓN		VARIABLES INDEPENDIENTES				
	Variable Dependiente : CO <sub>2</sub>		Intercepto	YR	YR <sup>2</sup>	XIR	MAT
MODELO 1	Niveles R <sup>2</sup> = 0.74	Signo	-	+	-		
		Coeficiente	-0.108	0.0002	-1.3E-08		
		T est.	-0.684	1.804	-0.67		
	Logaritmos R <sup>2</sup> = 0.73	Signo	-	+			
		Coeficiente	-9.204	1.028			
		T est.	-11.63	10.228			
	Tasas de Crecimiento R <sup>2</sup> =0.36	Signo	+	+	-		
		Coeficiente	0.413	3.909	-1.52		
		T est.	0.294	0.789	-0.61		
MODELO 2	Niveles R <sup>2</sup> =0.81	Signo	+	+	+	-	
		Coeficiente	0.1176	3.002E-05	2.43E-08	-1.643E-05	
		T est.	0.7785	0.2744	1.2016	-3.5917	
	Logaritmos R <sup>2</sup> = 0.78	Signo	-	+		-	
		Coeficiente	-9.725	1.174		-0.0828	
		T est.	-13.26	11.52		-3.14	
	Tasas de Crecimiento R <sup>2</sup> =0.36	Signo	+	+	-	+	
		Coeficiente	0.4056	4.001	-1.5726	0.00625	
		T est.	0.2846	0.7876	-0.6088	0.1192	
MODELO 3	Niveles R <sup>2</sup> =0.90	Signo	-	+	+	+	+
		Coeficiente	-0.2898	0.00012	5.68E-09	7.87E-06	0.0587
		T est.	-2.157	1.4803	0.3676	1.4189	5.5495
	Logaritmos R <sup>2</sup> =0.87	Signo	-	+		+	+
		Coeficiente	-12.8049	1.2986		0.0657	0.6995
		T est.	-15.22	15.54		1.82	5.0045
	Tasas de Crecimiento R <sup>2</sup> =0.37	Signo	+	+	-	-	+
		Coeficiente	0.5135	3.8196	-1.436	-0.00046	0.1823
		T est.	0.3524	0.7420	-0.5470	-0.0085	0.4915

Elaboración propia

### Evaluación económica

Para realizar esta evaluación primero hay que recordar cuales eran los signos esperados de las variables de acuerdo al criterio económico. En el modelo 3, el modelo más extendido de los tres, se hace uso de todas las variables, es aquí donde podemos verificar cada uno de los signos esperados, y luego su relación con los otros dos modelos:

**Modelo N°3:  $CO_2 = \beta_0 + \beta_1 YR + \beta_2 YR^2 + \beta_3 XIR + \beta_4 MAT + e$  (3)**

- ✓ El valor del coeficiente de YR se espera que tenga signo positivo:  $\beta_1 > 0$ , pues la relación entre el producto bruto interno per cápita y las emisiones de dióxido de carbono per cápita, tienen una relación directa; es decir, que el efecto sobre la emisión de CO<sub>2</sub> será directa y cada vez mayor. Este valor se cumple en todas las estimaciones, en todos los modelos según sea su condición, por lo que señala que es una variable predominante de la calidad ambiental. La relación directa o positiva es coherente y apoya la hipótesis del trabajo de investigación, pues si la producción real se incrementa implicará un mayor consumo de energía. En términos de su elasticidad, en el modelo 3, el incremento en una unidad porcentual de la renta real per cápita implicará una variación del 1,2986% en la variable explicada CO<sub>2</sub>.
- ✓ El valor del coeficiente de  $YR^2$  se espera que tenga un signo negativo:  $\beta_2 < 0$ , pues, si bien es cierto se espera que mientras mayor sea el producto bruto interno per cápita, mayores sean las emisiones de dióxido de carbono per cápita, se espera que estos incrementos en las emisiones del contaminante sean marginalmente decrecientes, por lo que la segunda derivada de la función será un número negativo. Esta condición se cumple con la regresión del modelo 1 en niveles, y en todos los modelos en la condición de tasas de crecimiento, lo cual apoya la hipótesis planteada de que la contribución marginal de la renta afecta es inversa en relación con el contaminante, aunque no son estadísticamente significativos; sin embargo, no se cumple en los modelos 2 y 3, en la condición niveles.
- ✓ Se espera que el coeficiente de XIR sea positivo  $\beta_3 > 0$ ; es decir, que la relación entre las exportaciones industriales reales y las emisiones de

dióxido de carbono per cápita sea una relación directa. En la regresión del modelo 2 en tasas de crecimiento, y del modelo 3, en niveles y logaritmos, tiene signo positivo, lo cual refleja la relación directa esperada, apoyando la hipótesis planteada aunque no son estadísticamente significativas. En las estimaciones del modelo 2, en niveles y logaritmos, y del modelo 3, en tasas de crecimiento resultan con signo distinto al esperado.

- ✓ El signo esperado del último coeficiente respecto a la intensidad energética, MAT, es positivo  $\beta_4 > 0$ , para cualquier condición del modelo 3, en niveles, logaritmos o tasas de crecimiento apoya la hipótesis del trabajo de investigación pues en la medida que exista mayor consumo de energía, expresado en su intensidad energética; es decir, mientras más ineficiente sea la economía, mayores serán las emisiones del contaminante, relacionada con un mayor nivel de producción. En términos de su elasticidad, en el modelo 3, señala que el incremento en una unidad porcentual de MAT provocará una variación del 0,6994% en el nivel del dióxido de carbono per cápita.

Es preciso señalar que resultan estadísticamente significativos para la regresión en el modelo 1 en logaritmos, la variable YR; para el modelo 2, en niveles, la variable XIR, y en logaritmos, las variables YR, XIR. En el modelo 3, en niveles, es significativa la variable MAT y en logaritmos, las variables YR y MAT.

En el modelo 3, con la condición de niveles y logaritmos, son las regresiones que mejor se ajustan de acuerdo a este criterio, pues considera todas las variables y en todas ellas las relaciones económicas se cumplen,



excepto para la variable XIR; sin embargo, se aprecia que no es estadísticamente significativa.

### **Evaluación Estadística**

La evaluación estadística, según el Cuadro N°4.4.1, y el Anexo C<sup>23</sup>, el modelo con mayor bondad de ajuste es el tercer modelo expresado en niveles. Los modelos expresados en logaritmos, tienen un buen coeficiente de determinación,  $R^2$ , entre 0.728 a 0.871; y buenos niveles de significancia individual, cuyos valores de los t-Statistic son mayores a 2 en valor absoluto, y en el caso del modelo 3, en logaritmos, con un valor de los t-Statistic mayores a 2 en valor absoluto a excepción de la variable XIR con un t-Statistic de 1.81.

Respecto a la significancia global de los modelos en logaritmos, se cuenta con los F-Statistic calculados entre 69.131 a 104.612, mayores que los valores en los modelos en niveles y en tasas de crecimiento, excepto para el modelo 3, con un nivel de 79.11 de significancia conjunta.

De los modelos 2 y 3 expresados en logaritmos son los que presentan mejores resultados al momento de hacer la evaluación estadística, pues presentan un coeficiente de determinación,  $R^2$ , de 0,78 y 0,87 respectivamente, además de que todas las variables son estadísticamente significativas en el segundo modelo, mientras que en el tercer modelo la única variable que es estadísticamente no significativa es XIR mientras que todas las demás son estadísticamente significativas.

Así también, las pruebas de significancia global, F calculado, indican que los coeficientes son diferentes de cero en el largo plazo.

---

<sup>23</sup> Ver Anexo C, cuadros: C.26 a C.34

## Evaluación Econométrica

La primera parte de la evaluación econométrica corresponde a la verificación de la normalidad de los errores generados en cada una de las nueve estimaciones. Según las estadísticas descriptivas, de Jarque-Bera y el valor de la probabilidad, se resume a continuación, los resultados para los residuos.

**CUADRO N° 4.4.2**  
**TEST DE NORMALIDAD DE LOS ERRORES**

	RESID M1 NIVELES	RESID M1 LOG	RESID M1 VP	RESID M2 NIVELES	RESID M2 LG	RESID M2 VP	RESID M3 NIVELES	RESID M3 LOG	RESID M3 VP
<b>Mean</b>	4.38E-17	1.90E-15	9.10E-16	-3.47E-18	-1.50E-16	8.72E-16	4.96E-17	1.42E-15	1.00E-15
<b>Median</b>	0.0013	0.0037	-0.5163	0.0020	0.0139	-0.5087	0.0015	0.0100	-0.3584
<b>Maximum</b>	0.0495	0.1447	16.0907	0.0461	0.1402	15.9446	0.0363	0.1293	15.2222
<b>Minimum</b>	-0.0664	-0.2135	-12.291	-0.0551	-0.1845	-12.2931	-0.0428	-0.137	-12.2682
<b>Jarque-Bera</b>	0.8846	0.8290	1.4022	1.2282	2.2702	1.3490	0.4430	0.5302	1.5445
<b>Probability</b>	0.6425	0.6606	0.4960	0.5411	0.3213	0.5093	0.8013	0.7671	0.4619

Elaboración propia

Del Cuadro N° 4.4.2, se puede apreciar que la probabilidad del Jarque-Bera en todos los residuos es superior al 5% por lo que se concluye que los residuos se distribuyen normalmente.

En la última parte de la evaluación, se observan las bondades econométricas de los modelos, para determinar qué supuestos del método de mínimos cuadrados ordinarios se alteran; en el Cuadro N° 4.4.3, se observa las conclusiones sobre los residuos de cada uno de los modelos para determinar la presencia de heterocedasticidad y autocorrelación.

**CUADRO N°4.4.3**  
**RESUMEN ECONOMETRICO: PRESENCIA DE AUTOCORRELACIÓN Y**  
**HETEROCEDASTICIDAD EN LOS MODELOS**

Modelo	Condición	Problema	Residuos		Conclusión
			Test	Probabilidad	
<b>Modelo 1</b>	Niveles	Heteroscedasticidad	T. White	13,48%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	0%	Autocorrelacionados
	Logaritmos	Heteroscedasticidad	T. White	6,29%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	0%	Autocorrelacionados
	Tasas de crecimiento	Heteroscedasticidad	T. White	17,38%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	35,32%	No Autocorrelacionados
<b>Modelo 2</b>	Niveles	Heteroscedasticidad	T. White	32,96%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	0,00%	Autocorrelacionados
	Logaritmos	Heteroscedasticidad	T. White	23,86%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	0,00%	Autocorrelacionados
	Tasas de crecimiento	Heteroscedasticidad	T. White	36,55%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	34,33%	No Autocorrelacionados
<b>Modelo 3</b>	Niveles	Heteroscedasticidad	T. White	80,87%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	5,79%	No Autocorrelacionados
	Logaritmos	Heteroscedasticidad	T. White	71,05%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	1,29%	Autocorrelacionados
	Tasas de crecimiento	Heteroscedasticidad	T. White	41,13%	Homoscedásticos
		Autocorrelación	T. Breuch Godfrey	29,82%	No Autocorrelacionados

Elaboración propia

A excepción del modelo 3 en logaritmos, los resultados de los diferentes test, muestran que las estimaciones realizadas en logaritmos y niveles

presentan autocorrelación. La corrección para la autocorrelación se realiza según el método de cuasi diferencias.

Por ejemplo si se tiene la ecuación 3

$$\text{CO2}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{YR}_t + \beta_2 \text{YR}_t^2 + \beta_3 \text{XIR}_t + \beta_4 \text{MAT}_t + e_t \quad (3')$$

Lo que se realiza a continuación es hallar el coeficiente de autocorrelación:

$$e_t = c + \rho e_{t-1} + \mu_t \quad (4)$$

Donde:

$\rho$ : es el coeficiente de autocorrelación, y

$\mu$ : es la nueva serie de residuos sin autocorrelación.

El siguiente paso es rezagar la ecuación 3 un periodo:

$$\text{CO2}_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 \text{YR}_{t-1} + \beta_2 \text{YR}_{t-1}^2 + \beta_3 \text{XIR}_{t-1} + \beta_4 \text{MAT}_{t-1} + e_{t-1} \quad (3'')$$

Luego, multiplicar la expresión (3'') por el término " $\rho$ " y restar de la ecuación (3'), para obtener:

$$(\text{CO2}_t - \rho \text{CO2}_{t-1}) = (\beta_0 - \rho \beta_0) + (\beta_1 \text{YR}_t - \rho \beta_1 \text{YR}_{t-1}) + (\beta_2 \text{YR}_t^2 - \rho \beta_2 \text{YR}_{t-1}^2) + (\beta_3 \text{XIR}_t - \rho \beta_3 \text{XIR}_{t-1}) + (\beta_4 \text{MAT}_t - \rho \beta_4 \text{MAT}_{t-1}) + (e_t - \rho e_{t-1})$$

Finalmente, la expresión resultante es:

$$(\text{CO2}_t - \rho \text{CO2}_{t-1}) = \beta_0 (1 - \rho) + \beta_1 (\text{YR}_t - \rho \text{YR}_{t-1}) + \beta_2 (\text{YR}_t^2 - \rho \text{YR}_{t-1}^2) + \beta_3 (\text{XIR}_t - \rho \text{XIR}_{t-1}) + \beta_4 (\text{MAT}_t - \rho \text{MAT}_{t-1}) + (c + u_t)$$

Este nuevo modelo a estimar está corregido de autocorrelación.

Los modelos corregidos de autocorrelación son:

### **Modelo 1 en niveles**

$$CO2^* = 0.00371 + 0.000118*(YR^*) + 3.87555e-10*(YR2^*)$$

### **Modelo 1 en logaritmos**

$$LOG(CO2^*) = -2.5474 + 0.9669*LOG(YR^*)$$

### **Modelo 2 en niveles**

$$CO2^* = 0.0038 + 0.000127*(YR^*) - 7.11019e-10*(YR2^*) - 8.69228e-06*(XIR^*)$$

### **Modelo 2 en logaritmos**

$$LOG(CO2^*) = -3.5140 + 1.0342*LOG(YR^*) - 0.04999*LOG(XIR^*)$$

### **Modelo 3 en logaritmos**

$$LOG(CO2^*) = -7.1411 + 1.2484*LOG(YR^*) - 0.0095*LOG(XIR^*) + 0.4120*LOG(MAT^*)$$

El análisis previo permite concluir que las estimaciones que se ajustan mejor de acuerdo al criterio econométrico son aquellas presentadas en tasas de crecimiento, pues no presentan los problemas de heteroscedasticidad, ni autocorrelación. Por otro lado, luego de corregir los cinco modelos, todos presentan un buen ajuste econométrico, y de ellos, los modelos expresados en logaritmos, presentan buena bondad de ajuste, alto nivel de  $R^2$ , y sus variables son estadísticamente significativas, tanto individual como globalmente.

## **4.5 Conclusiones**

1. Las correlaciones más altas se encuentran para cualquier modelo, entre las variables en niveles y en logaritmos; de signo esperado y significativas al 5%; en los rangos entre 0,658 a 0,861 y de 0,526 a 0,853, respectivamente. Es decir, que las variaciones en una variable pueden explicar el comportamiento de las demás en mayor proporción cuando

éstas se encuentran en niveles y logaritmos, y en menor medida cuando se encuentran en tasas de crecimiento, cuyos valores están entre 0,306 a 0,595 y significativos al 5%.

2. Respecto a las variables, aquellas que se encuentran más correlacionadas positivamente son el producto bruto interno real per cápita y las emisiones de dióxido de carbono per cápita, en un rango de 0,595 a 0,861 para cualquier modelo, en sus tres condiciones, niveles, logaritmos o tasas de crecimiento, y significativas al 5%. Este resultado apoya la hipótesis del presente trabajo de investigación en el sentido que el nivel de producción de la economía peruana es un determinante predominante e impacta directamente en el deterioro de la calidad ambiental, es decir, a mayor dinámica de la producción se correlaciona en forma directa con los niveles de dióxido de carbono.
3. La correlación del dióxido de carbono con la renta real per cápita al cuadrado son bastante altas y positivas, en el rango entre 0,592 a 0,853 y significativas al 5%; en el modelo 1, en sus tres condiciones y en el modelo 2, en la condición de logaritmos; sin embargo, no se obtiene la correlación esperada pues según la hipótesis de estudio se espera que la relación entre el producto bruto interno real per cápita al cuadrado y el deterioro del medio ambiente sea negativa, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.
4. La correlación entre las exportaciones industriales reales y el nivel del contaminante dióxido de carbono es positiva y está en el rango entre 0,177 a 0,379; en el modelo 2 y en el modelo 3, ambos en niveles, son significativos al 5%. Los resultados apoyan la hipótesis de que a mayor desempeño de las exportaciones industriales mayor será la degradación ambiental en términos de la cantidad de dióxido de carbono.

5. La correlación entre el dióxido de carbono y la intensidad energética es negativa entre el rango de 0,119 a 0,306, la significancia al 5% se observa en el modelo 3, en la condición de tasas de crecimiento; sin embargo, la correlación no apoya la hipótesis que la intensidad energética interfiere positivamente en la evolución de los niveles de deterioro ambiental, cuanto mayor sea su valor mayor será el nivel de emisiones, aunque según el rango la correlación tiende a ser débil.
6. Existe causalidad, de acuerdo al test de Granger, desde la variable PBI real per cápita hacia el dióxido de carbono per cápita, en tasas de crecimiento de dos rezagos; según la condición en niveles y en logaritmos, de 2 a 4 rezagos; es decir, que las variaciones en el PBI real per cápita, preceden a las variaciones en las emisiones de dióxido de carbono per cápita. Este resultado apoya la hipótesis que el PBI real per cápita es una variable explicativa del CO<sub>2</sub> per cápita.
7. Existe causalidad desde la variable PBI real per cápita al cuadrado hacia el dióxido de carbono hasta 6 rezagos en la condición de niveles, hasta 4 rezagos en logaritmos, y de 2 rezagos en tasas de crecimiento. Estos resultados apoyan la hipótesis de la renta per cápita al cuadrado como explicativa de la dinámica del contaminante dióxido de carbono
8. Respecto a la causalidad de las emisiones de dióxido de carbono per cápita hacia las exportaciones industriales reales, tanto en la condición de logaritmos como en tasas de crecimiento no se rechaza la hipótesis nula pero tampoco se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, que los cambios en las exportaciones industriales reales no preceden a las variaciones en las emisiones de dióxido de carbono per cápita ni viceversa; sin embargo, en la condición de niveles a 2 rezagos; y en la condición de niveles y tasas de crecimiento a 8 rezagos se observa la causalidad de Granger que

apoya la hipótesis en el sentido que el desempeño de las exportaciones industriales es determinante de la degradación ambiental en términos de la cantidad de dióxido de carbono.

9. Respecto a la intensidad energética, las variaciones en esta variable preceden en el tiempo a los cambios en el dióxido de carbono per cápita; cuando las variables se encuentran en niveles, hasta en 4 rezagos, en el caso de la tasa de crecimiento se presenta solo con 2 rezagos; y en el caso de las series en logaritmos se rechaza la hipótesis nula con 4 rezagos sin embargo se acepta esta hipótesis con 2 rezagos. Por tanto, en este escenario la variable intensidad energética explica la evolución de los niveles de deterioro ambiental, según la hipótesis del presente trabajo de investigación.
10. De acuerdo al análisis de cointegración, todas las variables en niveles y logaritmos son integradas de orden 1, mientras que en tasas de crecimiento son integradas de orden cero, y al estimar los residuos de cada una de las regresiones, éstos resultan ser estacionarios en niveles; es decir, que de acuerdo al método de Engle y Granger, las regresiones no son espurias, y las variables cointegran en el largo plazo.
11. De las nueve estimaciones, el segundo y tercer modelo en niveles, no se ajusta a los resultados esperados de acuerdo al criterio económico en la variable renta real per cápita al cuadrado. La variable exportaciones industriales reales, en el modelo 2, en niveles y logaritmos, tiene signo distinto al esperado. Sin embargo, en el modelo 3, en cualquiera de sus tres condiciones son los que mejor se ajustan de acuerdo a este criterio.
12. De acuerdo a los criterios estadísticos, el modelo con mayor bondad de ajuste es el tercer modelo expresado en niveles; sin embargo, los modelos expresados en logaritmos, todos ellos tiene un buen coeficiente de



determinación y al mismo tiempo tienen buenos niveles de significancia individual y global, a diferencia de los modelos en niveles y en tasas de crecimiento. El modelo 2 y el modelo 3, expresados en logaritmos, son los que presentan mejores resultados, pues denotan un coeficiente de determinación,  $R^2$ , de 0,78 y 0,87 respectivamente, además de que todas las variables son estadísticamente significativas en el segundo modelo, y en el tercer modelo la única variable estadísticamente significativa al 10% corresponde a las exportaciones industriales reales.

13. El análisis permite concluir que las estimaciones que se ajustan mejor de acuerdo al criterio econométrico son aquellas presentadas en tasas de crecimiento; mientras que, en el caso de las demás estimaciones se hace necesario corregirlas debido a la presencia de autocorrelación, finalmente de los modelos corregidos, aquellos expresados en logaritmos, presentan buena bondad de ajuste, un alto coeficiente de determinación, y sus variables son estadísticamente significativas, tanto individual como global.
14. La validación de la curva ambiental de Kuznets, para Colombia, según Correa (2005), dada la variable dependiente dióxido de carbono y como variable explicativa el ingreso per cápita, del modelo se obtiene una significancia individual y global; cuyos resultados apoyan la hipótesis del presente trabajo: una mayor emisión del contaminante se ve incrementada ante una tendencia positiva del crecimiento económico, a un nivel de significancia del 5%. El nivel de emisiones de dióxido de carbono se encuentra en la etapa creciente de la curva ambiental de Kuznets; es decir, que el crecimiento se traduce en mayor emisión de contaminación de dióxido de carbono.
15. De los resultados de González y García-Inés (s.f), robustecen el presente trabajo en las variables de la producción y la intensidad energética en la

significancia individual y global, así como de los signos esperados en el modelo. Cuanto mayor sea la intensidad energética mayor serán las emisiones de dióxido de carbono. La intensidad energética presenta un mayor coeficiente que la renta, induce a pensar que las posibles medidas de actuación en el campo energético-ambiental deben de centrarse especialmente en reducir la intensidad energética.

16. De los resultado de Saravia (s.f), se establece una relación positiva entre producto bruto interno real per cápita y dióxido de carbono per cápita cuya tendencia cambia a niveles muy elevados de renta per cápita. Aparentemente, la CAK es hallada para las emisiones de dióxido de carbono. Se destaca la relación significativa y positiva de la población con las emisiones de dióxido de carbono. la población es una variable a considerar para explicar el deterioro ambiental. El modelo presenta elevados valores para el coeficiente de determinación ajustado  $R^2$  y según las pruebas  $t$  y  $F$ , concluye importante la significancia de cada uno de los coeficientes en forma individual y global.

## **CAPITULO 5**

### **IMPLICANCIAS DE POLITICAS PÚBLICAS**

#### **5.1 Implicancias relacionadas al crecimiento económico**

Del Cuadro N° 4.4.1, resumen de las estimaciones, del modelo 1, en niveles y en tasas de crecimiento, se observa el cambio de signo entre las variables renta real y renta real al cuadrado, sin embargo no son estadísticamente significativas. Del modelo 2, al incluir la variable exportaciones industriales reales, la regresión en niveles no se observa el cambio de signo pero sí en la ecuación expresada en tasas de crecimiento, aunque ambas especificaciones no son estadísticamente significativas.

En el modelo 3, cuya expresión añade al modelo 2, la intensidad energética, la ecuación expresada en niveles no denota cambio de signo pero si en las variables observadas en tasas de crecimiento aunque no son estadísticamente significativas.

Al considerar, en el modelo 3, la relación entre producción, crecimiento y medio ambiente, no es concluyente la forma de U invertida según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, puesto que hay otras variables explicativas sobre la contaminación atmosférica, por lo que la economía peruana, no ha conseguido disminuir las emisiones de dióxido de carbono a pesar de haber aumentado el producto bruto interno real per cápita.

Por lo que en las implicancias en la política ambiental debe considerar otras variables explicativas como el nivel de exportaciones industriales reales y la intensidad energética.

El trabajo de investigación deduce que, la relación entre producción y daño ambiental es de pendiente positiva y lineal. Es decir, que el esfuerzo a la disminución de las emisiones del dióxido de carbono, en términos de su beneficio respecto a su sacrificio es muy bajo; es decir, que son pocos los que puedan disfrutar de este beneficio, la implicancia es deducir cómo identificarlos.

La emisión de dióxido de carbono como problema ambiental, según la teoría económica, se sustenta en la ausencia de los derechos de propiedad por lo que se requiere de la participación del sector público dadas las fallas de mercado. Es decir, que la mejora en la calidad ambiental puede ser expresada por una mejor asignación de los derechos de propiedad. En este término, la intervención del Estado debe considerar estrategias de crecimiento y desarrollo desde el gobierno central.

Así también, el sector privado y los gobiernos regionales y locales, junto con la población, pueden contribuir como mecanismo para implementar su propio desarrollo local y menores emisiones al medio ambiente. Sin embargo, es preciso interrogarse las implicancias que conlleva considerar espacios territoriales más amplios, como una región respecto a otra, en garantizar el cumplimiento de las planes, programas y políticas ambientales.

En este enfoque, se requiere de una institución general que involucre a las regiones limítrofes del país en políticas consensuadas que establezcan, por ejemplo, con el nivel de emisiones del contaminante o parámetros a seguir de la política ambiental de cada región que garantice el crecimiento y desarrollo entre regiones.

Si la economía está basada en la apertura hacia los mercados externos, como lo está haciendo desde 1990, el Estado debe promover la inserción hacia

los mercados energéticos internacionales. Así también, el Estado debe adecuar el marco regulatorio como instrumento que posibilite la inversión privada en el sector energético.

Que el estado fortalezca la institucionalidad del sector energético, como base en el modelo de desarrollo de la economía peruana que incorpore estrategias en el tratamiento del cambio climático en el país pues los efectos son limitante para el crecimiento económico, y de impactos negativos en la salud y bienestar de la población y de los seres vivos; el daño en los ecosistemas, y del desarrollo sostenible.

La contrastación con la evidencia empírica desarrollada por Correa (2005) para Colombia, los resultados señalan que, una mayor emisión CO<sub>2</sub> se ve incrementada ante una tendencia positiva del crecimiento económico, a un nivel de significancia del 5%. El nivel de CO<sub>2</sub>, se encuentra en la etapa creciente de la Curva ambiental de Kuznets: el crecimiento se traduce en una mayor emisión de CO<sub>2</sub>.

## **5.2 Implicancias relacionadas a la intensidad energética**

Del Cuadro N° 4.4.1, resumen de las estimaciones, del modelo 3, en logaritmos, cuyos resultados son estadísticamente significativos, se observa que el coeficiente de la materialización: 0,6995 es menor que el coeficiente de la renta real per cápita: 1,2986; es decir, que las medidas de política en cuestiones de la energía y del medio ambiente deben continuar y, que ahora es necesario que la política ambiental sea sostenible para demostrar la disminución de la intensidad energética.

Por tanto, desde otro punto de vista, la disminución en 1% de decrecimiento de la participación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, provenientes de las energías no renovables y su incidencia en la matriz energética primaria implicaría contrarrestar los efectos del contaminante en 0,69% en términos de un efecto positivo sobre el nivel del PBI real per cápita.

Con estos resultados, la economía peruana considera el crecimiento económico y el cuidado del medio ambiente a la vez. Del modelo 3, cuyas variables están expresadas en tasas de crecimiento se observa la misma relación aunque los resultados no son estadísticamente significativos. Sin embargo, es necesario consolidar un nuevo plan estratégico energético concertado nacional de largo plazo.

Este plan debe incorporar, según el modelo del desarrollo sostenible, el análisis del cambio en la matriz energética, basada en fuentes renovables y sostenibles, como la hidroenergía, los biocombustibles, y las energías no convencionales, en los próximos diez a quince años. Es decir, apostar por el cambio de una matriz energética diversificada, en términos de la eficiencia, la productividad y competitividad.

El desarrollo no solo a nivel macroeconómico sino en términos microeconómicos, mediante la incorporación de estos cambios vía una planificación regional y sectorial de la energía que involucre a las cadenas productivas eficientes para atenuar el nivel de las desigualdades económicas y sociales, tanto regionales como locales.

Con esta política a nivel de país y a nivel local se pretende la autosuficiencia en el consumo de energía renovable con bajos niveles de

impacto ambiental sobre todo en el nivel de las emisiones de dióxido de carbono y su influencia negativa sobre el cambio climático.

Así también, el estado debe desarrollar políticas cuyo objetivo sea el mejor uso eficiente de la energía según el esquema de una economía sectorial productiva, que sea menos intensiva en el uso de la energía y que pueda contribuir vía sectores a la tecnología y desarrollo del país.

Las universidades, los centros de investigación y los institutos superiores, como organizaciones al servicio del país deben internalizar el problema medio ambiental y destinar recursos a la investigación e innovación del uso de energías renovables, hidráulica, eólica y solar, útiles en proyectos viables de mecanismos de desarrollo limpio que permita garantizar a la economía peruana niveles bajos en emisiones de GEI y mejorar los niveles de competitividad no solo en cuestiones propias de la investigación sino de su incorporación para la ciencia y tecnología del país y de sus espacios territoriales.

Las empresas privadas, nacionales y extranjeras, deben aportar recursos económicos y financieros, inclusión de cambios tecnológicos, y concientización para mitigar el problema; además de su participación en el diseño del plan estratégico energético; así como en la preparación y ejecución de proyectos de inversión estratégicos para fines como la conservación de la biodiversidad y cadenas productivas para las poblaciones de su entorno.

Para las familias, la eficiencia en el uso de la energía generarían impactos positivos en la calidad de vida del país, en términos de los servicios de la salud y de la educación; pues, denotará una menor propensión en enfermedades de las vías respiratorias y, una mejor cualificación en los estudios escolares o de capacitación para el trabajo.

La política de precios en el sector de la energía, considere la comparación entre los niveles de consumo residencial y del consumo industrial pues reflejaría la situación económica y social de la población, el avance o estancamiento del proceso industrial, el problema del crecimiento en las ciudades y la desigualdad, el incremento en el consumo de los equipos eléctricos y electrónicos en los hogares.

La eficiencia energética comparable entre el sector industrial y el sector transporte, en cuál de estos dos sectores se ha incrementado a tasas crecientes y/o alarmantes por encima de la tasa de crecimiento poblacional que permita evidenciar que la política ambiental considere estas causales para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que la atención está en el uso de nuevas formas de energía limpias y renovables.

### **5.3 Implicancias relacionadas a las exportaciones industriales**

Respecto a las exportaciones industriales, modelo 2, en logaritmos presenta signo negativo: -0,0828 y es significativo estadísticamente; sin embargo, en el modelo 3, en logaritmos presenta signo positivo: +0,0657 pero no significativo. Es decir, evidencia que la política ambiental peruana en la reducción de emisiones de GEI, como el dióxido de carbono, considera más la política dirigida hacia la producción del mercado interno que la política dirigida a la producción orientada hacia los mercados externos, en términos de las exportaciones industriales reales.

Aunque es preciso anotar que el valor de los coeficientes: 0,0828 y 0,0657 de la variable, en ambos modelos, en logaritmos es bajo en relación a las demás variables explicativas: PBI real per cápita e intensidad energética; por lo que es relevante la actuación en el diseño de una estrategia en el sector



exportador industrial contra la emisión de dióxido de carbono y cambio climático.

Desde 1990, se han diversificado las exportaciones; se ha incrementado el valor por la posición de los precios de los minerales de exportación; así también, se ha abierto el abanico de productos agrarios y agroindustriales de exportación no tradicional cuya evolución ha sido creciente. Es decir, que la economía peruana crece con el nivel de exportaciones industriales reales que evidencia el cambio tecnológico para incrementar la productividad del país, sin descuido de la recuperación y conservación de la calidad ambiental.

## CONCLUSIONES

1. La realidad descrita para la economía peruana en cuatro décadas, según las tasas de crecimiento, permiten conocer aspectos preliminares en cuanto a producción, crecimiento y medio ambiente; el periodo 1970-2010, expresa tasas de crecimiento discretas positivas para el PBI real 3,06% y del 0,61% para el nivel de CO<sub>2</sub> per cápita. La tasa de crecimiento promedio discreta, es negativa para el caso de la variable intensidad energética en -1,31%. y exportaciones industriales reales, el crecimiento es positivo en 2,97%
2. En la cuarta década del estudio, comprendida en el periodo 2001-2010, se observa el mayor crecimiento de la economía peruana visto a través del PBI real per cápita, en 4,33%. Así también, que la economía peruana va por la senda de una economía terciaria, pues para las tres últimas décadas, 1980-2010, según la estructura porcentual del PBI fluctúa entre el rango del 38,5% al 42,3%.
3. La participación del sector manufactura en el PBI no ha decaído post reforma neoliberal; sin embargo, está en una fase de estancamiento relativo, en el orden del 15,3%, desde la segunda década de estudio.
4. Comparando la década de 2001-2010, la renta real promedio es equivalente a 1.12 veces más, de la obtenida en el periodo 1971-1980; es decir, que el valor del PBI real per cápita se ha incrementado en términos relativos, en 12%.
5. La tasa de crecimiento promedio del PBI real per cápita se ha quintuplicado en la última década, 2001-2010, con respecto a la década comprendida entre 1971-1980, pasando de 0,87% a 4,33%. El PBI real per cápita creció 2,26 veces, a una tasa de crecimiento promedio, del periodo 1991-2000 al 2001-2010; según los valores monetarios

constantes; en estas sub décadas mayores tasas de crecimiento, en la sub década 1991-2000 del 2,16% y para la sub década 2001-2010, del 4,33%, lo cual podría indicar que el uso de la tecnología es más eficiente en términos de una mayor rentabilidad del capital, por lo que implicaría una menor intensidad energética. Sin embargo, para el periodo 1981-1990, la tasa promedio de la década fue negativa en 2,73%.

6. Respecto a la tasa de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, en el último período de análisis el crecimiento fue 11 veces mayor que en el periodo de 1971-1980, pues en este último periodo el crecimiento fue de 0,41%, mientras que la tasa de crecimiento fue de 4,51%, en el periodo 2001-2010.
7. Los niveles más altos en la intensidad energética se presentan durante la década de 1970-1980 y de 1981-1990, lo que explica los niveles más altos en las emisiones de CO<sub>2</sub>; sin embargo, para la década de 2001-2010 mientras que el nivel del ratio consumo de energía/PBI disminuye, en promedio, los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> aumentan, en promedio. Aunque es preciso anotar, que la variabilidad de los niveles de intensidad energética y CO<sub>2</sub>, señalan 14% y 17%, respectivamente. La intensidad energética ha disminuido en 1,73 veces en el periodo comprendido entre 1970-2007. Es decir, la demanda energética por unidad de PBI muestra un patrón decreciente por lo que señala su importancia en la explicación del nivel de emisiones.
8. De la revisión del marco teórico, la preocupación por los problemas ambientales datan desde el siglo XVIII, según los economistas clásicos y su visión de crecimiento a largo plazo; y cuya consideración actual se enmarca en la segunda mitad de la década de 1980, con el concepto

del desarrollo sostenible según el Informe Brundtland, “Nuestro Futuro Común” (1987). Así también, el aporte de la teoría neoclásica y la contaminación, la teoría sobre crecimiento y medio ambiente y la evidencia empírica presentada pretende reforzar a la presente investigación en cuanto a la aproximación de la economía peruana y la contaminación vía dióxido de carbono, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.

9. De las teorías presentadas se deduce que la estrategia para afrontar la problemática derivada del deterioro ambiental se sustenta en el desarrollo sostenible; la disminución de las emisiones de contaminantes, como el dióxido de carbono, para un país como el nuestro tiene que analizarse en términos del nivel de la actividad económica, en un horizonte temporal, donde su trayectoria incluye aspectos como la utilización de la energía y la población.
10. La evidencia empírica a nivel mundial, el trabajo de Selden y Song (1994), encuentran la curva ambiental de Kuznets, en forma de U invertida, para las emisiones de dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>; partículas totales en suspensión, PTS; monóxido de nitrógeno, NO; monóxido de carbono, CO; y el PBI per cápita. Hay un cambio en la tendencia en la relación de la contaminación del aire urbano ante un menor nivel de renta per cápita. A niveles mayores a US\$ 8 000 dólares.
11. A nivel mundial, Grossman y Krueger (1991), el dióxido de azufre, SO<sub>2</sub> y el humo muestran la curva ambiental de Kuznets, en forma de U invertida; es decir, la contaminación aumenta ante niveles bajos de ingreso, luego se alcanza el turning point, la contaminación comienza a descender frente a niveles altos de ingreso. Además, incluyendo las partículas totales en suspensión, PTS, los cambios positivos en el

ingreso se asocian con bajos niveles de contaminantes a un nivel de renta entre US\$ 10 000 a US\$ 12 000 dólares.

12. En el caso peruano, Vargas (2009), al cuantificar el impacto económico del cambio climático sobre la economía agregada; un aumento de 1°C y 10% de variabilidad en las precipitaciones, la tasa de crecimiento del PBI per cápita en el 2030, fluctuaría entre 0,56% y 0,67% por debajo del nivel potencial. Si hacia el 2050, estos efectos se duplicaran, el impacto negativo llegaría entre 1,15% y 1,33%. Para el año 2030, bajo un escenario de cambio climático el PBI real total estaría entre 5,7% y 6,8% menos que el PBI real sin cambio climático. Para el año 2050, la brecha respecto al PBI potencial estaría entre 20,2% y 23,4%. Estas medidas son equivalentes a una pérdida promedio anual hasta el año 2050, entre 7,3% y 8,6% del PBI potencial anual.
13. La eficiencia energética en términos de la provisión de bienes y servicios, en especial, el de transportes y la actividad sectorial productiva del país explica como determinante del impacto ambiental y su relación con la población, la tecnología y el PBI, dado que la actividad económica se especializa en sectores económicos con relativa intensidad en la utilización de energía y cuyos cambios en su composición explican la emisión de CO<sub>2</sub> per cápita en el periodo de análisis; así también, el control de la contaminación se explica con la utilización de energías renovables.
14. La dinámica de las exportaciones por bienes industriales como componente de las exportaciones y de la demanda final en el producto bruto interno impacta en la economía peruana y permite observar el patrón de comportamiento de la estructura productiva del país. Es decir, si la estrategia de desarrollo basado en la evolución de las

exportaciones industriales se relaciona en forma directa con los cambios de la actividad económica del país dada las condiciones de los mercados en el contexto mundial y poder examinar la contribución con la emisión del dióxido de carbono.

15. Las correlaciones más altas se encuentran para cualquier modelo, entre las variables en niveles y en logaritmos; de signo esperado y significativas al 5%; en los rangos entre 0,658 a 0,861 y de 0,526 a 0,853, respectivamente. Es decir, que las variaciones en una variable pueden explicar el comportamiento de las demás en mayor proporción cuando éstas se encuentran en niveles y logaritmos, y en menor medida cuando se encuentran en tasas de crecimiento, cuyos valores están entre 0,306 a 0,595 y significativos al 5%.
16. Respecto a las variables, aquellas que se encuentran más correlacionadas positivamente son el producto bruto interno real per cápita y las emisiones de dióxido de carbono per cápita, en un rango de 0,595 a 0,861 para cualquier modelo, en sus tres condiciones, niveles, logaritmos o tasas de crecimiento, y significativas al 5%. Este resultado apoya la hipótesis del presente trabajo de investigación en el sentido que el nivel de producción de la economía peruana es un determinante predominante e impacta directamente en el deterioro de la calidad ambiental, es decir, a mayor dinámica de la producción se correlaciona en forma directa con los niveles de dióxido de carbono.
17. La correlación del dióxido de carbono con la renta real per cápita al cuadrado son bastante altas y positivas, en el rango entre 0,592 a 0,853 y significativas al 5%; en el modelo 1, en sus tres condiciones y en el modelo 2, en la condición de logaritmos; sin embargo, no se obtiene la correlación esperada pues según la hipótesis de estudio se espera que

la relación entre el PBI real per cápita al cuadrado y el deterioro del medio ambiente sea negativa, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets.

18. La correlación entre las exportaciones industriales reales y el nivel del contaminante dióxido de carbono es positiva y está en el rango entre 0,177 a 0,379; en el modelo 2 y en el modelo 3, ambos en niveles, son significativos al 5%. Los resultados apoyan la hipótesis de que a mayor desempeño de las exportaciones industriales mayor será la degradación ambiental en términos de la cantidad de dióxido de carbono.
19. La correlación entre el dióxido de carbono y la intensidad energética es negativa entre el rango de 0,119 a 0,306, la significancia al 5% se observa en el modelo 3, en la condición de tasas de crecimiento; sin embargo, la correlación no apoya la hipótesis que la intensidad energética interfiere positivamente en la evolución de los niveles de deterioro ambiental, cuanto mayor sea su valor mayor será el nivel de emisiones, aunque según el rango la correlación tiende a ser débil.
20. Existe causalidad, de acuerdo al test de Granger, desde la variable PBI real per cápita hacia el dióxido de carbono per cápita, en tasas de crecimiento de dos rezagos; según la condición en niveles y en logaritmos, de 2 a 4 rezagos; es decir, que las variaciones en el PBI real per cápita, preceden a las variaciones en las emisiones de dióxido de carbono per cápita. Este resultado apoya la hipótesis que el PBI real per cápita es una variable explicativa del CO<sub>2</sub> per cápita.
21. Existe causalidad desde la variable PBI real per cápita al cuadrado hacia el dióxido de carbono hasta 6 rezagos en la condición de niveles, hasta 4 rezagos en logaritmos, y de 2 rezagos en tasas de crecimiento.

Estos resultados apoyan la hipótesis de la renta per cápita al cuadrado como explicativa de la dinámica del contaminante dióxido de carbono.

22. Respecto a la causalidad de las emisiones de dióxido de carbono per cápita hacia las exportaciones industriales reales, tanto en la condición de logaritmos como en tasas de crecimiento no se rechaza la hipótesis nula pero tampoco se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, que los cambios en las exportaciones industriales reales no preceden a las variaciones en las emisiones de dióxido de carbono per cápita ni viceversa; sin embargo, en la condición de niveles a 2 rezagos; y en la condición de niveles y tasas de crecimiento a 8 rezagos se observa la causalidad de Granger que apoya la hipótesis en el sentido que el desempeño de las exportaciones industriales es determinante de la degradación ambiental en términos de la cantidad de dióxido de carbono.
23. Respecto a la intensidad energética, las variaciones en esta variable preceden en el tiempo a los cambios en el dióxido de carbono per cápita; cuando las variables se encuentran en niveles, hasta en 4 rezagos, en el caso de la tasa de crecimiento se presenta solo con 2 rezagos; y en el caso de las series en logaritmos se rechaza la hipótesis nula con 4 rezagos sin embargo se acepta esta hipótesis con 2 rezagos. Por tanto, en este escenario la variable intensidad energética explica la evolución de los niveles de deterioro ambiental, según la hipótesis del presente trabajo de investigación.
24. De acuerdo al análisis de cointegración, todas las variables en niveles y logaritmos son integradas de orden 1, mientras que en tasas de crecimiento son integradas de orden cero. La estimación de los residuos para cada regresión es estacionaria en niveles que, de acuerdo al



método de Engle y Granger, las regresiones no son espurias, y las variables cointegran en el largo plazo.

25. De las nueve estimaciones, el segundo y tercer modelo en niveles, no se ajusta a los resultados esperados de acuerdo al criterio económico en la variable renta real per cápita al cuadrado. La variable exportaciones industriales reales, en el modelo 2, en niveles y logaritmos y, en el modelo 3, en tasas de crecimiento tiene signo distinto al esperado. Sin embargo, ambos modelos son los que mejor se ajustan de acuerdo a este criterio.
26. De acuerdo a los criterios estadísticos, el modelo con mayor bondad de ajuste es el tercer modelo expresado en niveles; sin embargo, los modelos expresados en logaritmos, todos ellos tienen un buen coeficiente de determinación y al mismo tiempo tienen buenos niveles de significancia individual y global, a diferencia de los modelos en niveles y en tasas de crecimiento. El modelo 2 y el modelo 3, expresados en logaritmos, son los que presentan mejores resultados, pues denotan un coeficiente de determinación,  $R^2$ , de 0,78 y 0,87 respectivamente, además de que todas las variables son estadísticamente significativas en el segundo modelo, y en el tercer modelo la única variable que es estadísticamente no significativa corresponde a las exportaciones industriales reales.
27. El análisis permite concluir que las estimaciones en tasas de crecimiento se ajustan mejor de acuerdo al criterio econométrico; las demás estimaciones se hace necesario corregirlas de autocorrelación; finalmente, de los modelos corregidos, aquellos expresados en logaritmos, presentan buena bondad de ajuste, un alto coeficiente de

determinación, y sus variables son estadísticamente significativas, tanto individual como global.

28. La validación de la curva ambiental de Kuznets, para Colombia, según Correa (2005), dada la variable dependiente dióxido de carbono y como variable explicativa el ingreso per cápita, del modelo se obtiene una significancia individual y global; cuyos resultados apoyan la hipótesis del presente trabajo: una mayor emisión del contaminante se ve incrementada ante una tendencia positiva del crecimiento económico, a un nivel de significancia del 5%. El nivel de emisiones de dióxido de carbono se encuentra en la etapa creciente de la curva ambiental de Kuznets; es decir, que el crecimiento se traduce en mayor emisión de contaminación de dióxido de carbono.
29. De los resultados de González y García-Inés (s.f), robustecen el presente trabajo en las variables de la producción y la intensidad energética en la significancia individual y global, así como de los signos esperados en el modelo. Cuanto mayor sea la intensidad energética mayor serán las emisiones de dióxido de carbono. La intensidad energética presenta un mayor coeficiente que la renta, induce a pensar que las posibles medidas de actuación en el campo energético-ambiental deben de centrarse especialmente en reducir la intensidad energética.
30. De los resultado de Saravia (s.f), se establece una relación positiva entre producto bruto interno real per cápita y dióxido de carbono per cápita cuya tendencia cambia a niveles muy elevados de renta per cápita. Aparentemente, la CAK es hallada para las emisiones de dióxido de carbono. La propensión marginal a emitir disminuye a medida que el ingreso crece, una vez que el turning point es alcanzado. Se destaca la

relación significativa y positiva de la población con las emisiones de dióxido de carbono. la población es una variable a considerar para explicar el deterioro ambiental. El modelo presenta elevados valores para el coeficiente de determinación ajustado,  $R^2$  y según las pruebas t y F, concluye importante la significancia de cada uno de los coeficientes en forma individual y global.

## RECOMENDACIONES

- Incluir en los modelos, las variables explicativas el gasto en protección del medio ambiente del sector público como porcentaje del producto bruto interno real per cápita.
- La aplicabilidad de la estimación de la curva ambiental de Kuznets en espacios regionales y locales.
- Realizar investigaciones respecto a la diferenciación de las oportunidades, condiciones y calidad de vida de las sociedades cuyos niveles de contaminación estén en el tramo creciente de la curva ambiental de Kuznets.
- Los niveles de contaminación son diferentes en las regiones del país dado la diferencia de recursos, reales y potenciales, y de desigualdad social. En las regiones grandes se recomienda estudiar el crecimiento, la actividad industrial, el proteccionismo y los niveles de contaminación; en las regiones pequeñas, investigar sobre los niveles de contaminación, la pobreza y la equidad. Además, se recomienda el análisis de la curva ambiental de Kuznets en grandes franjas regionales: la franja costera, serrana y de selva.

**ANEXO A**  
**PERU: DATA ESTADISTICA - VARIABLES EN NIVELES**

AÑOS	YRN <sup>a/</sup>	POB <sup>b/</sup>	CO2N <sup>c/</sup>	XIR <sup>b/</sup>	MAT <sup>d/</sup>	YR	CO2
1970	33,52	13 192,70	4 850	1 798,77	5,15	2 540,59	0,37
1971	34,92	13 567,70	5 076	1 584,49	5,00	2 573,64	0,37
1972	35,92	13 953,20	4 956	1 310,10	4,86	2 574,35	0,36
1973	37,85	14 348,10	5 388	854,05	4,73	2 638,09	0,38
1974	41,35	14 751,10	5 825	1 332,89	4,60	2 803,37	0,39
1975	42,76	15 161,10	5 990	925,62	4,58	2 820,33	0,40
1976	43,60	15 580,80	6 120	881,26	4,59	2 798,17	0,39
1977	43,77	16 010,80	6 365	1 027,90	4,49	2 733,99	0,40
1978	43,90	16 447,40	6 125	1 249,78	4,65	2 668,95	0,37
1979	46,44	16 886,50	6 074	2 017,21	4,67	2 750,23	0,36
1980	47,87	17 324,20	6 578	1 539,23	4,47	2 763,24	0,38
1981	51,31	17 760,20	6 573	1 208,74	4,43	2 888,95	0,37
1982	51,00	18 197,20	6 455	1 406,18	4,47	2 802,66	0,35
1983	44,98	18 635,60	5 577	801,00	4,50	2 413,79	0,30
1984	47,32	19 075,90	5 643	1 074,29	4,48	2 480,70	0,30
1985	48,65	19 518,60	5 321	1 110,62	4,33	2 492,32	0,27
1986	53,51	19 965,80	5 958	1 181,74	3,94	2 680,14	0,30
1987	57,79	20 417,30	7 031	1 273,53	3,81	2 830,55	0,34
1988	52,76	20 869,70	6 847	1 477,95	4,11	2 528,27	0,33
1989	46,59	21 319,90	5 956	1 832,13	4,33	2 185,32	0,28
1990	44,19	21 764,50	5 772	1 606,06	4,55	2 030,55	0,27
1991	45,15	22 203,90	5 565	1 661,04	4,41	2 033,51	0,25
1992	44,96	22 640,30	5 570	1 520,73	4,33	1 985,77	0,25
1993	47,10	23 073,20	6 440	1 693,79	4,26	2 041,34	0,28
1994	53,14	23 502,00	6 351	2 047,52	3,92	2 261,05	0,27
1995	57,41	23 926,30	6 511	2 204,62	3,92	2 399,29	0,27
1996	58,84	24 348,10	6 644	2 388,02	4,00	2 416,53	0,27
1997	62,86	24 767,80	7 469	2 977,19	3,74	2 538,10	0,30
1998	62,46	25 182,30	7 590	2 047,59	3,75	2 480,12	0,30
1999	63,02	25 588,50	8 010	2 163,44	4,00	2 462,84	0,31
2000	64,85	25 983,60	8 268	2 719,91	3,82	2 495,82	0,32
2001	64,97	26 366,50	7 415	2 674,55	3,68	2 464,11	0,28
2002	68,12	26 739,40	7 422	2 561,68	3,64	2 547,67	0,28
2003	70,88	27 103,50	7 204	2 696,38	3,47	2 615,14	0,27
2004	74,29	27 460,10	8 708	3 528,23	3,56	2 705,36	0,32
2005	79,22	27 810,50	10 147	4 117,14	3,22	2 848,42	0,36
2006	85,20	28 151,40	9 546	4 705,14	3,10	3 026,58	0,34
2007	92,79	28 481,90	11 723	5 289,12	2,97	3 257,87	0,41
2008	101,89	28 807,00	12 394	6 095,06	3,03	3 536,88	0,43
2009	102,76	29 132,00	13 103	4 920,10	3,13	3 527,56	0,45
2010	111,80	29 458,30	13 853	5 795,44	3,04	3 795,29	0,47

YRN: producto bruto interno real de la economía peruana (miles de millones de dólares 2005)

CO2N: dióxido de carbono, en niveles (miles TM)

POB: población total (miles)

XIR: exportaciones industriales reales (millones de dólares FOB 2005)

MAT: nivel de materialización, intensidad energética (terajoule/dólares)

YR – CO2: valores per cápita del producto bruto interno real y del dióxido de carbono

Fuente:

<sup>a/</sup> World Bank, World Development Indicators, International Financial Statistics, IMF, 2011

<sup>b/</sup> Banco Central de Reserva del Perú-Estadísticas, 2010 y U.S. Bureau of Labor Statistic, 2011

<sup>c/</sup> Comisión Económica para América Latina, CEPAL-Estadísticas. Banco Mundial, 2010

<sup>d/</sup> Elaboración propia, según datos del BALANCE ENERGETICO -MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2009

## ANEXO B

### ECUACIONES DE TENDENCIA

**CUADRO B.1**

**PERU: DIOXIDO DE CARBONO PER CAPITA. PERIODO: 1970-2010**

Dependent Variable: LOG(CO2)				
Method: Least Squares				
Date: 11/08/11 Time: 12:08				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.070	0.052	-20.402	0.000
@TREND	-0.002	0.002	-0.879	0.385
R-squared	0.019	Mean dependent var		-1.110
Adjusted R-squared	-0.006	S.D. dependent var		0.171
S.E. of regression	0.171	Akaike info criterion		-0.646
Sum squared resid	1.141	Schwarz criterion		-0.563
Log likelihood	15.248	Hannan-Quinn criter.		-0.616
F-statistic	0.772	Durbin-Watson stat		0.233
Prob(F-statistic)	0.385			

**CUADRO B.2**

**PERU: PRODUCTO BRUTO INTERNO REAL PER CAPITA. PERIODO: 1970-2010**

Dependent Variable: LOG(YR)				
Method: Least Squares				
Date: 11/01/11 Time: 02:01				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7.814	0.043	183.037	0.000
@TREND	0.003	0.002	1.540	0.132
R-squared	0.057	Mean dependent var		7.870
Adjusted R-squared	0.033	S.D. dependent var		0.142
S.E. of regression	0.139	Akaike info criterion		-1.059
Sum squared resid	0.755	Schwarz criterion		-0.975
Log likelihood	23.700	Hannan-Quinn criter.		-1.028
F-statistic	2.371	Durbin-Watson stat		0.164
Prob(F-statistic)	0.132			

**CUADRO B.3**  
**PERU: EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES. PERIODO: 1970-2010**

Dependent Variable: LOG(XIR1)				
Method: Least Squares				
Date: 01/29/12 Time: 11:59				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.770	0.088	76.757	0.000
@TREND	0.039	0.004	10.291	0.000
R-squared	0.731	Mean dependent var		7.551
Adjusted R-squared	0.724	S.D. dependent var		0.547
S.E. of regression	0.288	Akaike info criterion		0.393
Sum squared resid	3.225	Schwarz criterion		0.476
Log likelihood	-6.050	Hannan-Quinn criter.		0.423
F-statistic	105.913	Durbin-Watson stat		0.627
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO B.4**  
**PERU: NIVEL DE MATERIALIZACION: INTENSIDAD ENERGETICA**  
**PERIODO: 1970-2010**  
**(energía/producto bruto interno real)**

Dependent Variable: LOG(MAT)				
Method: Least Squares				
Date: 11/08/11 Time: 12:09				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.628	0.017	94.301	0.000
@TREND	-0.011	0.001	-15.444	0.000
R-squared	0.859	Mean dependent var		1.398
Adjusted R-squared	0.856	S.D. dependent var		0.148
S.E. of regression	0.056	Akaike info criterion		-2.869
Sum squared resid	0.124	Schwarz criterion		-2.786
Log likelihood	60.822	Hannan-Quinn criter.		-2.839
F-statistic	238.531	Durbin-Watson stat		0.504
Prob(F-statistic)	0.000			

## ANEXO C

### RESULTADOS ECONOMETRICOS

#### Resultados de los test de raíz unitaria por variable

- **DIOXIDO DE CARBONO, CO2**

**CUADRO C.1  
ESTACIONARIEDAD CO2**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
CO2					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-0.541322	-3.605593	-2.936942	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-0.777474	-3.605593	-2.936942	SI	SI
CONCLUSION		Presencia de raíz unitaria: CO2 no es estacionaria			
Elaboración propia					

**CUADRO C.2  
ESTACIONARIEDAD CO2 EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DCO2					
H <sub>o</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-5.493458	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-5.494449	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DCO2 es estacionaria				
Elaboración propia					



**CUADRO C.3**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE CO2**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
CO2LG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-0.868020	-3.605593	-2.936942	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-1.015918	-3.605593	-2.936942	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: CO2LG no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.4**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE CO2 EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DCO2LG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-5.548223	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	- 5.550254	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DCO2LG es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.5**  
**ESTACIONARIEDAD DE CO2 EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
CO2VP					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-5.535204	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-5.535204	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: CO2VP es estacionaria				
Elaboración propia					

- **PRODUCTO BRUTO INTERNO REAL PER CAPITA, YR**

**CUADRO C.6  
ESTACIONARIEDAD DE YR**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
		YR			
H <sub>o</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	0.428124	-4.205004	-3.526609	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-0.035393	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: YR no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.7  
ESTACIONARIEDAD YR EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DYR					
H <sub>o</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.764489	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-3.764489	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DYR es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.8  
ESTACIONARIEDAD LOGARITMO YR**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
		YRLG			
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-0.942784	-4.211868	-3.529758	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-0.437072	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: YRLG no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.9**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE YR EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
		DYRLG			
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.836352	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-3.884108	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DYRLG es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.10**  
**ESTACIONARIEDAD DE YR EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
YRVP					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.797270	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-3.840610	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: YRVP es estacionaria				
Elaboración propia					

• **PRODUCTO BRUTO INTERNO REAL PER CAPITA AL CUADRADO, YR2**

**CUADRO C.11**  
**ESTACIONARIEDAD DE YR AL CUADRADO**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
YR2					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	1.006487	-4.205004	-3.526609	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	0.611004	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: YR2 no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.12**  
**ESTACIONARIEDAD YR AL CUADRADO EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DYR2					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.614555	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-3.603282	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DYR2 es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.13**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE YR AL CUADRADO**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
YR2LG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-0.942784	-4.211868	-3.529758	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-0.437072	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: YR2LG no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.14**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE YR AL CUADRADO EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DYR2LG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.836352	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-3.884108	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DYR2LG es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.15**  
**ESTACIONARIEDAD DE YR AL CUADRADO EN TASAS DE CRECIMIENTO**

ESTACIONARIEDAD DE YR2VP RECORDANDO EN TASAS DE CRECIMIENTO					
Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
YR2VP					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.758462	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-3.758462	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: YR2VP es estacionaria				
Elaboración propia					

- **EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES, XIR**

**CUADRO C.16**  
**ESTACIONARIEDAD DE LAS EXPORTACIONES INDUSTRIALES REALES**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
XIR					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-1.657246	-4.205004	-3.526609	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-1.413447	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: XIR no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.17**  
**ESTACIONARIEDAD DE LAS XIR EN PRIMERA DIFERENCIA**

ESTACIONARIEDAD DE LAS XIR EN PRIMA DIFERENCIA					
Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DXIR					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-6.839197	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-6.832636	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DXIR es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.18**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE LAS XIR**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
XIRLG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-3.400009	-4.205004	-3.526609	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-3.321931	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: XIRLG no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.19**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE LAS XIR EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DXIRLG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-7.687240	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-7.708860	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DXIRLG es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.20**  
**ESTACIONARIEDAD DE LAS XIR EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
XIRVP					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-7.404437	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-7.423164	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: XIRVP es estacionaria				
Elaboración propia					

- **INTENSIDAD ENERGÉTICA, MAT**

**CUADRO C.21**  
**ESTACIONARIEDAD DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
MAT					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-2.581235	-4.205004	-3.526609	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-2.792189	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: MAT no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.22**  
**ESTACIONARIEDAD DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DMAT					
H <sub>o</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-5.419914	-3.610453	-2.938987	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-5.806126	-3.610453	-2.938987	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DMAT es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.23**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
MATLG					
H <sub>0</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-2.193146	-4.205004	-3.526609	SI	SI
Phillips-Perron (PP)	-2.376326	-4.205004	-3.526609	SI	SI
CONCLUSION	Presencia de raíz unitaria: MATLG no es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.24**  
**ESTACIONARIEDAD LOGARITMO DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA**  
**EN PRIMERA DIFERENCIA**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
DMATLG					
H <sub>o</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-5.553680	-3.610453	-2.938987	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-5.842295	-3.610453	-2.938987	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: DMATLG es estacionaria				
Elaboración propia					

**CUADRO C.25**  
**ESTACIONARIEDAD DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA**  
**EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Tipo de Test	Estadístico t	Valor crítico		¿Existe Raíz Unitaria? Nivel de significancia	
		1%	5%	1%	5%
MATVP					
H <sub>o</sub> : Existe raíz unitaria (no estacionaria)					
Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	-5.172519	-2.625606	-1.949609	NO	NO
Phillips-Perron (PP)	-5.136791	-2.625606	-1.949609	NO	NO
CONCLUSION	No Presencia de raíz unitaria: MATVP es estacionaria				
Elaboración propia					



**CUADRO C.26**  
**MODELO 1 – NIVELES**

Dependent Variable: CO2

Method: Least Squares

Date: 10/25/11 Time:

18:08

Sample: 1970 2010

Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.1077	0.158	-0.684	0.498
YR	0.0002	0.000	1.804	0.079
YR2	-1.3E-08	0.000	-0.670	0.507
R-squared	0.744	Mean dependent var		0.334
Adjusted R-squared	0.731	S.D. dependent var		0.058
S.E. of regression	0.030	Akaike info criterion		-4.114
Sum squared resid	0.034	Schwarz criterion		-3.988
Log likelihood	87.333	Hannan-Quinn criter.		-4.068
F-statistic	55.347	Durbin-Watson stat		0.501
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.27**  
**MODELO 2 – NIVELES**

Dependent Variable: CO2

Method: Least Squares

Date: 11/29/11 Time: 10:51

Sample: 1970 2010

Included observations: 41

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.118	0.151	0.778	0.441
YR	3.00E-05	0.000	0.274	0.785
YR2	2.43E-08	0.000	1.202	0.237
XIR1	-1.64E-05	0.000	-3.592	0.001
R-squared	0.811	Mean dependent var		0.334
Adjusted R-squared	0.795	S.D. dependent var		0.058
S.E. of regression	0.026	Akaike info criterion		-4.364
Sum squared resid	0.025	Schwarz criterion		-4.197
Log likelihood	93.465	Hannan-Quinn criter.		-4.303
F-statistic	52.753	Durbin-Watson stat		0.740
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.28**  
**MODELO 3 – NIVELES**

Dependent Variable: CO2				
Method: Least Squares				
Date: 11/29/11 Time: 11:00				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.28975	0.134	-2.157	0.038
YR	0.00012	8.31E-05	1.480	0.148
YR2	5.68E-09	1.54E-08	0.368	0.715
XIR1	7.87E-06	5.55E-06	1.419	0.165
MAT	0.05878	0.011	5.550	0.000
R-squared	0.898	Mean dependent var		0.334
Adjusted R-squared	0.887	S.D. dependent var		0.058
S.E. of regression	0.019	Akaike info criterion		-4.933
Sum squared resid	0.014	Schwarz criterion		-4.725
Log likelihood	106.136	Hannan-Quinn criter.		-4.857
F-statistic	79.127	Durbin-Watson stat		1.419
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.29**  
**MODELO 1 – LOGARITMOS**

Dependent Variable: LOG(CO2)				
Method: Least Squares				
Date: 11/03/11 Time: 20:07				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9.204	0.791	-11.629	0.000
LOG(YR)	1.028	0.101	10.228	0.000
R-squared	0.728	Mean dependent var		-1.110
Adjusted R-squared	0.721	S.D. dependent var		0.171
S.E. of regression	0.090	Akaike info criterion		-1.930
Sum squared resid	0.316	Schwarz criterion		-1.847
Log likelihood	41.568	Hannan-Quinn criter.		-1.900
F-statistic	104.612	Durbin-Watson stat		0.523
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.30**  
**MODELO 2 – LOGARITMOS**

Dependent Variable: LOG(CO2)				
Method: Least Squares				
Date: 11/29/11 Time: 10:55				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-9.725	0.733	-13.260	0.000
LOG(YR)	1.174	0.102	11.520	0.000
LOG(XIR1)	-0.083	0.026	-3.141	0.003
R-squared	0.784	Mean dependent var		-1.110
Adjusted R-squared	0.773	S.D. dependent var		0.171
S.E. of regression	0.081	Akaike info criterion		-2.112
Sum squared resid	0.251	Schwarz criterion		-1.987
Log likelihood	46.300	Hannan-Quinn criter.		-2.067
F-statistic	69.131	Durbin-Watson stat		0.713
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.31**  
**MODELO 3 – LOGARITMOS**

Dependent Variable: LOG(CO2)				
Method: Least Squares				
Date: 11/29/11 Time: 11:02				
Sample: 1970 2010				
Included observations: 41				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12.805	0.842	-15.216	0.000
LOG(YR)	1.299	0.084	15.542	0.000
LOG(XIR1)	0.066	0.036	1.818	0.077
LOG(MAT)	0.699	0.140	5.005	0.000
R-squared	0.871	Mean dependent var		-1.110
Adjusted R-squared	0.861	S.D. dependent var		0.171
S.E. of regression	0.064	Akaike info criterion		-2.580
Sum squared resid	0.150	Schwarz criterion		-2.413
Log likelihood	56.898	Hannan-Quinn criter.		-2.520
F-statistic	83.599	Durbin-Watson stat		1.247
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.32**  
**MODELO 1 – TASAS DE CRECIMIENTO**

Dependent Variable: CO2VP				
Method: Least Squares				
Date: 10/31/11 Time: 03:18				
Sample (adjusted): 1971 2010				
Included observations: 40 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.413	1.405	0.294	0.770
YRVP	3.909	4.954	0.789	0.435
YR2VP	-1.522	2.514	-0.605	0.549
R-squared	0.362	Mean dependent var		0.951
Adjusted R-squared	0.327	S.D. dependent var		8.380
S.E. of regression	6.875	Akaike info criterion		6.766
Sum squared resid	1748.738	Schwarz criterion		6.892
Log likelihood	-132.313	Hannan-Quinn criter.		6.811
F-statistic	10.475	Durbin-Watson stat		2.277
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.33**  
**MODELO 2 – TASAS DE CRECIMIENTO**

Dependent Variable: CO2VP				
Method: Least Squares				
Date: 11/29/11 Time: 10:57				
Sample (adjusted): 1971 2010				
Included observations: 40 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.406	1.425	0.285	0.778
YRVP	4.001	5.080	0.788	0.436
YR2VP	-1.573	2.583	-0.609	0.546
XIR1VP	0.006	0.052	0.119	0.906
R-squared	0.362	Mean dependent var		0.951
Adjusted R-squared	0.309	S.D. dependent var		8.380
S.E. of regression	6.968	Akaike info criterion		6.815
Sum squared resid	1748.048	Schwarz criterion		6.984
Log likelihood	-132.305	Hannan-Quinn criter.		6.876
F-statistic	6.802	Durbin-Watson stat		2.281
Prob(F-statistic)	0.001			

**CUADRO C.34**  
**MODELO 3 – TASAS DE CRECIMIENTO**

Dependent Variable: CO2VP				
Method: Least Squares				
Date: 11/29/11 Time: 11:06				
Sample (adjusted): 1971 2010				
Included observations: 40 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.5135	1.457	0.352	0.727
YRVP	3.8195	5.148	0.742	0.463
YR2VP	-1.4359	2.625	-0.547	0.588
XIR1VP	0.0004	0.054	0.008	0.993
MATVP	0.1822	0.371	0.491	0.626
R-squared	0.366	Mean dependent var		0.951
Adjusted R-squared	0.294	S.D. dependent var		8.380
S.E. of regression	7.043	Akaike info criterion		6.858
Sum squared resid	1736.068	Schwarz criterion		7.069
Log likelihood	-132.168	Hannan-Quinn criter.		6.935
F-statistic	5.054	Durbin-Watson stat		2.308
Prob(F-statistic)	0.003			

**CUADRO C.35**  
**MODELO 1 – NIVELES CORREGIDO DE AUTOCORRELACION**

Dependent Variable: CO2-0.719353*CO2(-1)				
Method: Least Squares				
Date: 11/09/11 Time: 12:11				
Sample (adjusted): 1971 2010				
Included observations: 40 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.004	0.051	0.073	0.942
YR-0.719353*YR(-1)	0.000	0.000	0.925	0.361
YR2-0.719353*YR2(-1)	3.88E-10	2.24E-08	0.017	0.986
R-squared	0.585	Mean dependent var		0.095
Adjusted R-squared	0.562	S.D. dependent var		0.029
S.E. of regression	0.019	Akaike info criterion		-4.966
Sum squared resid	0.014	Schwarz criterion		-4.840
Log likelihood	102.327	Hannan-Quinn criter.		-4.921
F-statistic	26.040	Durbin-Watson stat		2.200
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.36**  
**MODELO 1 – LOGARITMOS CORREGIDO DE AUTOCORRELACION**

Dependent Variable:  $\text{LOG}(\text{CO2}) - 0.708262 * \text{LOG}(\text{CO2}(-1))$

Method: Least Squares

Date: 11/04/11 Time: 13:27

Sample (adjusted): 1971 2010

Included observations: 40 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.547	0.323	-7.885	0.000
$\text{LOG}(\text{YR}) - 0.708262 * \text{LOG}(\text{YR}(-1))$	0.967	0.140	6.897	0.000
R-squared	0.556	Mean dependent var		-0.320
Adjusted R-squared	0.544	S.D. dependent var		0.089
S.E. of regression	0.060	Akaike info criterion		-2.739
Sum squared resid	0.137	Schwarz criterion		-2.655
Log likelihood	56.789	Hannan-Quinn criter.		-2.709
F-statistic	47.567	Durbin-Watson stat		2.075
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.37**  
**MODELO 2 – NIVELES CORREGIDO DE AUTOCORRELACION**

Dependent Variable:  $\text{CO2} - 0.589617 * \text{CO2}(-1)$

Method: Least Squares

Date: 11/30/11 Time: 10:26

Sample (adjusted): 1971 2010

Included observations: 40 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.00382	0.06976	0.05480	0.95660
$\text{YR} - 0.589617 * \text{YR}(-1)$	0.00013	0.00012	1.06248	0.29510
$\text{YR2} - 0.589617 * \text{YR2}(-1)$	7.11E-10	2.09E-08	0.03404	0.97300
$\text{XIR} - 0.589617 * \text{XIR}(-1)$	-8.69E-06	5.99E-06	-1.452289	0.15510
R-squared	0.6752	Mean dependent var		0.1384
Adjusted R-squared	0.6481	S.D. dependent var		0.0331
S.E. of regression	0.0196	Akaike info criterion		-4.9281
Sum squared resid	0.0139	Schwarz criterion		-4.7592
Log likelihood	102.5616	Hannan-Quinn criter.		-4.8670
F-statistic	24.9421	Durbin-Watson stat		2.0496
Prob(F-statistic)	0.0000			

**CUADRO C.38**  
**MODELO 2 – LOGARITMOS CORREGIDO DE AUTOCORRELACION**

Dependent Variable: LOG(CO2)-0.604362*LOG(CO2(-1))				
Method: Least Squares				
Date: 11/30/11 Time: 10:35				
Sample (adjusted): 1971 2010				
Included observations: 40 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.514	0.388	-9.053	0.000
LOG(YR)-0.604362*LOG(YR(-1))	1.034	0.129	8.048	0.000
LOG(XIR)-0.604362*LOG(XIR(-1))	-0.050	0.034	-1.456	0.154
R-squared	0.638	Mean dependent var		-0.437
Adjusted R-squared	0.618	S.D. dependent var		0.097
S.E. of regression	0.060	Akaike info criterion		-2.719
Sum squared resid	0.133	Schwarz criterion		-2.592
Log likelihood	57.371	Hannan-Quinn criter.		-2.673
F-statistic	32.560	Durbin-Watson stat		1.992
Prob(F-statistic)	0.000			

**CUADRO C.39**  
**MODELO 3 – LOGARITMOS CORREGIDO DE AUTOCORRELACION**

Dependent Variable: LOG(CO2)-0.375843*LOG(CO2(-1))				
Method: Least Squares				
Date: 11/30/11 Time: 10:39				
Sample (adjusted): 1971 2010				
Included observations: 40 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7.141	0.845	-8.454	0.000
LOG(YR)-0.375843*LOG(YR(-1))	1.248	0.125	9.982	0.000
LOG(XIR)-0.375843*LOG(XIR(-1))	-0.010	0.040	-0.238	0.813
LOG(MAT)-0.375843*LOG(MAT(-1))	0.412	0.196	2.099	0.043
R-squared	0.782	Mean dependent var		-0.692
Adjusted R-squared	0.764	S.D. dependent var		0.121
S.E. of regression	0.059	Akaike info criterion		-2.727
Sum squared resid	0.125	Schwarz criterion		-2.558
Log likelihood	58.545	Hannan-Quinn criter.		-2.666
F-statistic	43.003	Durbin-Watson stat		1.699
Prob(F-statistic)	0.000			

## BIBLIOGRAFIA

ALCANTARA, Vicent y Emilio PADILLA

2005 Análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo

Fecha de consulta: 27/04/2012

<<http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/2119/wpdea0507.pdf;jsessionid=BE570B8EC8077F1E9AB0D29E083C89D6.recercat2?sequence=1>>

ALFRANCA, Oscar

2007 "Política fiscal, crecimiento económico y medio ambiente". En: Revista *ICE*, marzo-abril, N°835. Fecha de consulta: 26/04/2010.

<[http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE\\_835\\_77-93\\_\\_8298E28BBD87FA8B50053DEA77534202.pdf](http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_835_77-93__8298E28BBD87FA8B50053DEA77534202.pdf)>

BCRP, Banco Central de Reserva del Perú

2010 Memoria anual, varios años

BINDER, Klaus G.

2005 "El medio ambiente en la economía social de mercado"

Fecha de consulta: 28/04/2010

<<http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/EI%20Medio%20Ambiente%20en%20la%20Economia%20Social%20de%20Mercado.pdf>>

BRACK EGG, Antonio

2008 Retos del ministerio del ambiente. En: *Economía y sociedad*, abril, N°67

Fecha de consulta: 26/04/2010

<<http://cies.org.pe/files/economia-sociedad/brack-retos-ministerio-ambiente.pdf>>

BUSTILLO-GARCÍA, Lissette y Juan Pablo MARTÍNEZ-DÁVILA

2008 Los enfoques del desarrollo sustentable. En: *Ensayos*, mayo. Fecha de consulta: 20/06/2010 <<http://www.scielo.org.ve/pdf/inci/v33n5/art14.pdf>>

CORREA, Francisco; Andrés VASCO y Catalina PEREZ

2005 La curva medioambiental de Kuznets: evidencia empírica para Colombia. Grupo de Economía Ambiental. En: *Semestre Económico*, Ene-Jun, vol. 8, N° 15 Fecha de consulta: 03/05/2010

<<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1650/165013659001.pdf>>

CUEVAS, Darís Javier y Luis José SANTOS

2006 La curva de Kuznets ambiental

Fecha de consulta: 03/05/2010

<<http://196.3.87.228/supbanco.gov.do/main/publicaciones/Planteamiento-Kuznets-corregido.pdf>>

DEL VALLE ASÍS, Inés

2007 Economía ecológica y economía ambiental. ¿enfoques alternativos? Instituto de Economía y Finanzas.

Fecha de consulta: 20/06/2010

<[http://www.eco.unc.edu.ar/ief/workshops/2007/2may07\\_asis\\_work.pdf](http://www.eco.unc.edu.ar/ief/workshops/2007/2may07_asis_work.pdf)>



DÍAZ-BAUTISTA, A. y Jorge SÁENZ C

2002 "Productividad total factorial y el crecimiento económico de México". En: *Economía y Desarrollo*. Marzo, vol. 1, N° 1. Fecha de consulta: 28/04/2010. <<http://www.fuac.edu.co/revista/M/ocho.pdf>>

DURO, Juan y Emilio PADILLA

2005 Análisis de los factores determinantes de las desigualdades internacionales en las emisiones de CO2 per cápita aplicando el enfoque distributivo: una metodología de descomposición por factores de kaya  
Fecha de consulta: 27/04/2012  
<[http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/papeles\\_trabajo/2005\\_25.pdf](http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/papeles_trabajo/2005_25.pdf)>

FUNDACION FORUM AMBIENTAL

2001 Instrumentos económicos de gestión ambiental  
IV Jornadas Fòrum Ambiental  
Fecha de consulta: 30/08/2011  
<http://www.ceda.org.ec/descargas/biblioteca/Instrumentos%20Economicos%20de%20Gestion%20Ambiental.pdf>

GÓMEZ GÓMEZ, Carlo Mario

2000 Población, medio ambiente y crecimiento económico: ¿tres piezas incompatibles del desarrollo sostenible?" Publicaciones: Ekonomi Gerizan. Volumen 7: 242-260  
Fecha de consulta: 24/05/2010  
<[http://www2.uah.es/econ/Papers/cmgoomez\\_EuskadiGerizan.pdf](http://www2.uah.es/econ/Papers/cmgoomez_EuskadiGerizan.pdf)>

GONZÁLES CASTILLO, Jorge

2006 Crecimiento económico y desarrollo sustentable: el rol de los recursos naturales en la economía peruana: 1970-2005  
Fecha de consulta: 23/06/2011  
<http://www.cies.org.pe/files/documents/investigaciones/medio-ambiente-y-recursos-naturales/crecimiento-economico-y-desarrollo-sustentable-el-rol-de-los-recursos-en-la-economia-peruana-1970-2005.pdf>

GONZÁLEZ, Nuria y Marta GARCIA-INÉS

s.f. Factores determinantes de la emisiones de CO2: evidencia empírica en la UE  
Fecha de última consulta: 25/04/2012  
< [aerna2006.de.iscte.pt/papers/S5C\\_Garcia\\_Ines.doc](http://aerna2006.de.iscte.pt/papers/S5C_Garcia_Ines.doc)>

GUJARATI, Damodar

1997 Econometría. 3ª Ed. Colombia: Editorial McGraw-Hill

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática

2009 Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2009.  
Fecha de consulta: 26/04/2010  
<<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0800/Libro.pdf>>

KOLSTAD, Charles D

2001 Economía ambiental. México: Oxford, University Press

LITANO BOZA, Wilmer Eduardo

2003 Estimación de los costos y beneficios en la salud y propuesta de un programa de salud ambiental para la reducción de la contaminación en el mercado de la ciudad de Piura. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Piura

MADDALA, G. S

1996 Introducción a la econometría. 2da. Ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México.

PEARCE, David y Kerry TURNER

1995. En: "Economía de los Recursos 1995 Naturales y del Medio Ambiente". Ediciones Celeste. Madrid.

PULIDO SAN ROMÁN, Antonio

2009 Relaciones entre economía y medio ambiente.

Fecha de consulta: 20/06/2010

<<http://www.antoniopulido.es/documentos/con080102.pdf>>

RAPPO MIGUEZ, Susana y Rosalía VÁZQUEZ TORÍZ

2006 Economía, ambiente y sustentabilidad. En: *Revista de la Facultad de Economía, BUAP*, Año XI, Número 33, septiembre - diciembre. Fecha de consulta: 20/06/2010 <<http://www.aportes.buap.mx/33/foro1.pdf>>

SARAVIA LÓPEZ, Alejandra

s.f. América Latina y el Caribe: Efectos de equidad e institucionalidad en la curva ambiental de Kuznets. Fecha de consulta: 03/05/2010

<<http://www.bcb.gob.bo/webassets/file/2doEncuentroDeEconomistas/America%20Latina%20y%20El%20Caribe.%20Efectos%20de%20equidad%20e%20institucionalidad%20en%20la%20curva%20ambiental%20de%20Kuznets.pdf>>

TELLO, Mario

2006 Desarrollo económico local, descentralización y clusters: teoría, evidencia y aplicaciones. Lima: CENTRUM Católica

VARGAS, Paola

2009 El cambio climático y sus efectos en el Perú. En: *Banco Central de Reserva del Perú*. Fecha de consulta: 16/05/2010

<<http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>>

VÁSQUEZ, Oscar

2009 Efectos del cambio climático sobre los recursos pesqueros de la Región Piura, y propuesta de adaptación. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Piura

VEGARA CARRIÓ, José

s.f. Las distintas concepciones de la sostenibilidad económica. Los problemas centrales. Fecha de consulta:

20/06/2010<[http://www.bcn.es/mediambient/cas/down/masu2\\_4.pdf](http://www.bcn.es/mediambient/cas/down/masu2_4.pdf)>

Enlaces Web:

[www.bcrp.gob.pe](http://www.bcrp.gob.pe)

[www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)

[www.bcn.es/mediambient/cas/down/masu2\\_4.pdf](http://www.bcn.es/mediambient/cas/down/masu2_4.pdf)

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)